



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา)

ปริญญา

เทคโนโลยีการศึกษา

เทคโนโลยีการศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์

A Construction of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with
Electronic Circuit for Artificial Insemination Training for Animal Science Students

นามผู้วิจัย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ไพฑูรย์ ศรีฟ้า, กศ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ณรงค์ สมพงษ์, Ph.D.)

รักษาราชการแทน
หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ณรงค์ สมพงษ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างหุ่นจำลองทางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย
ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม
สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์

A Construction of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System
with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training
for Animal Science Students

โดย

นายบริพัฒน์ นันทพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณานุกรม นันทพันธ์ 2554: การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย
ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี
สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีการศึกษา)
ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ไพฑูรย์ ศรีฟ้า,
กศ.ด. 188 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย
ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชา
สัตวศาสตร์ ที่มีคุณภาพ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย
ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ตามเกณฑ์ 80/80 3) เพื่อศึกษาความ
พึงพอใจของนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์
โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ชั้นปีที่ 3 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2553 จำนวน 15 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling)
สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และหาประสิทธิภาพสื่อโดยใช้สูตร E_1/E_2

ผลการวิจัยพบว่า 1) หุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจร
อิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 2) หุ่นจำลองยางพารา
แบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.75/84.08 3) ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพารา
แบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมอยู่ในระดับมาก

Boriphat Nantaphan 2011: A Construction of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training for Animal Science Students. Master of Education (Educational Technology), Major Field: Educational Technology, Department of Educational Technology. Thesis Advisor: Mr. Paitoon Srifa, Ph.D. 188 pages.

The objective of this research were as follows : 1) to Construction of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training for Animal Science Students to have a quality 2) to study the efficiency of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training standard of efficiency at 80/80 3) to study the satisfaction of Animal Science Students to be used for the Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training

Sample were 15 students of animal science at Rajamangala University of Technology Thanyaburi were studied in the second semester, academic year, 2010 by the Simple random sampling. Data were analysed and presented through percentage means and the formula E_1/E_2 was used to test the efficiency

Research findings were : 1) the quality of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training on Reproductive Physiology and Artificial Insemination Class for Animal Science Students at Excellent level 2) the efficiency of Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training analysis was 85.75/84.08 3) the Satisfaction level of students for Natural Rubber Model of Cow's Reproductive System with Electronic Circuit for Artificial Insemination Training at high level.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สมพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นาวาอากาศตรี ดร.สัญญาชัย พัฒนสิทธิ์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เบาใจ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษาทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยนำมาใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เกิดขึ้นได้เพราะได้รับความกรุณาของผู้ทรงคุณวุฒิเฉพาะด้าน ที่ให้เกียรติเป็นผู้ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ให้คำแนะนำ ปรับปรุง ตลอดจนเทคนิควิธีการในการสร้างเครื่องมือในการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สุประเสริฐ ผู้จุดประกายแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ให้แก่ผู้วิจัย คุณจอร์ กอบสันเทียะ ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อหุ่นจำลอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งสรวรรค์ วรรณสุทธิ อาจารย์พรพนม คำมุงคุณ อาจารย์ชาติชาย โยเหลา อาจารย์สุรเดช สังฆะมณี ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสืบพันธุ์และการผสมเทียมโค ดร.วสันต์ ทองไทย ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ข้อคิด คำแนะนำ ตลอดจนให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือ จนได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีความคุณภาพเพื่อใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ อันก่อให้เกิดความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

คุณงามความดีและประโยชน์ทั้งหลายทั้งปวงอันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่คุณพ่อวรุณ นันทพันธ์ บิดาผู้ล่วงลับ คุณแม่สุภาภรณ์ นันทพันธ์ และทุกท่านในครอบครัวอันเป็นกำลังใจและเป็นที่ยึดสำคัญ และให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ตลอดจนแรงบันดาลใจที่ทำให้ผู้วิจัยมีวันนี้ และคุณศิยาภรณ์ เมฆหมอก ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

บริพัฒน์ นันทพันธ์

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
ข้อตกลงเบื้องต้น	6
นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	9
เอกสารความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน	9
เอกสารความรู้เกี่ยวกับหุ่นจำลอง	17
เอกสารความรู้เกี่ยวกับยางพารา	35
เอกสารความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	48
เอกสารความรู้เกี่ยวกับการผสมเทียม	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	59
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	59
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	60
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	61
การเก็บรวบรวมข้อมูล	68
การวิเคราะห์ข้อมูล	68
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	71
ผลการวิจัย	71
ข้อวิจารณ์	76
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	80
สรุปผลการวิจัย	80
ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	86
ภาคผนวก	90
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ	91
ภาคผนวก ข รายละเอียดเนื้อหาวิชาการผสมเทียมโค	99
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองยางพารา	116
ภาคผนวก ง งบประมาณในการสร้างหุ่นจำลองยางพารา	160
ภาคผนวก จ การประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพารา	162
ภาคผนวก ฉ การหาประสิทธิภาพหุ่นจำลองยางพารา	167
ภาคผนวก ช ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อหุ่นจำลองยางพารา	184
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	188

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าและหน่วยทางไฟฟ้า	50
2	ผลการทดลองจากนักศึกษาชั้นทดลองกลุ่มขนาดกลาง	73
3	ผลการทดลองจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง	74
4	สรุปผลระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองยางพารา	75
ตารางผนวกที่		
1	แสดงงบประมาณการสร้างหุ่นจำลองยางพารา	161
2	สรุปผลการประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพารา	166
3	เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินระหว่างเรียน	169
4	เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินหลังเรียน	175
5	แสดงประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราจากคะแนนของผู้เรียน 5 คน	180
6	แสดงประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราจากคะแนนของผู้เรียน 15 คน	181
7	ผลการทดลองจากนักศึกษาชั้นทดลองกลุ่มขนาดกลาง	183
8	ผลการทดลองจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง	183

สารบัญตาราง (ต่อ)

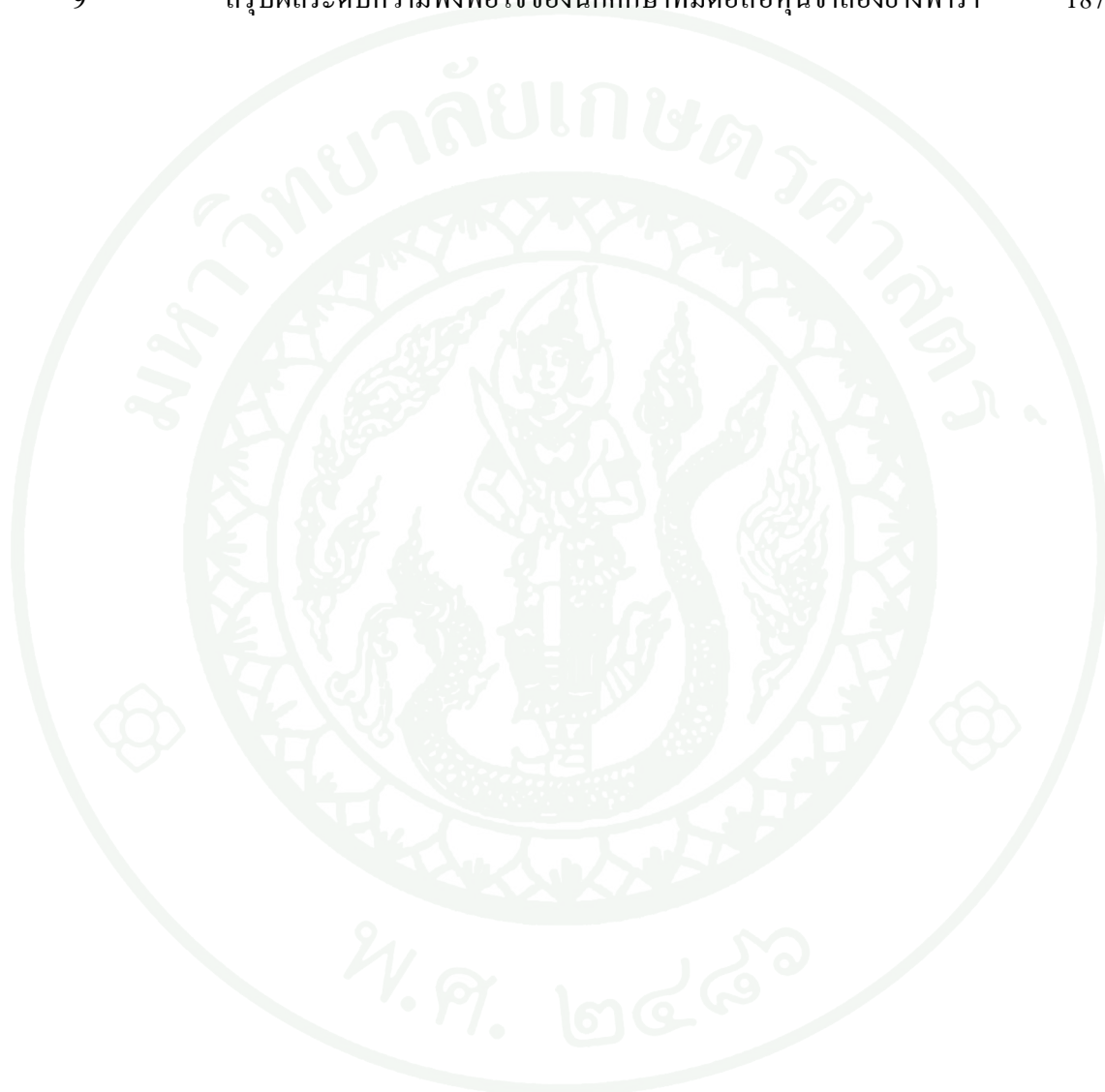
ตารางผนวกที่

หน้า

9

สรุปผลระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองขางพารา

187



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกรวยประสบการณ์ของ Edgar Dale	15
2	แสดงโครงสร้างโมเดลของยางพารา	38
ภาพผนวกที่		
1	แสดงระบบอวัยวะสืบพันธุ์ของโคเพศเมีย	102
2	แสดงอวัยวะสืบพันธุ์ของโคเพศเมีย	103
3	อุปกรณ์และเครื่องมือผสมเทียม	105
4	อุปกรณ์และเครื่องมือผสมเทียม	105
5	กระบอกลีดน้ำเชื้อที่บรรจุหลอดน้ำเชื้อเรียบร้อยแล้ว พร้อมนำไปฉีด	106
6	ช่องผสมเทียมโค	107
7	การใส่หลอดน้ำเชื้อเพื่อเตรียมผสม	110
8	แสดงการใช้มือช่วยนำทางให้ปลายหลอดลีดน้ำเชื้อเข้าสู่คอมดลูก	112
9	แสดงการสอดหลอดลีดน้ำเชื้อผ่านเข้าไปในอวัยวะเพศแม่โค	113
10	แสดงการฉีดน้ำเชื้อโคตัวผู้เข้าไปในมดลูกโคตัวเมียที่เป็นสัด	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
11	ศึกษาส่วนประกอบต่างๆของระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียจากของจริง	118
12	วัดขนาดจากโคจริงเพื่อกำหนดขนาดของหุ่นจำลอง	118
13	วัดขนาดความสูงจากโคจริง	119
14	วัดขนาดความกว้างจากโคจริง	119
15	ภาพวาดแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของอวัยวะระบบสืบพันธุ์ภายในโค	120
16	ภาพวาดแสดงอวัยวะภายในของโคพร้อมลักษณะการจับผสมเทียม	120
17	ภาพวาดแสดงลักษณะภายในของท่อมดลูกและการสอดหลอดฉีดน้ำเชื้อ	121
18	มดลูกโคของจริง	121
19	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั้นรูปต้นแบบ	122
20	การปั้นเก็บรายละเอียดต้นแบบ	123
21	รูปต้นแบบดินน้ำมันที่ปั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว	123
22	รูปต้นแบบมดลูกวักกันแบ่งครึ่งรอเทปูนปลาสเตอร์	124
23	ก้นรอบต้นแบบด้วยแผ่นกระดาน	125

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
24	เทปุนพลาสติกเฮอร์ลงไปบนรูปต้นแบบให้เต็ม	125
25	แกะไม้กระดานกั้นออกจากแม่พิมพ์	126
26	ตกแต่งพิมพ์ให้เรียบร้อย	126
27	แกะพิมพ์ออกจากกันโดยใช้ส่วดอกช่วย	128
28	แกะแม่พิมพ์ออกจากกัน นำเอาต้นแบบออกจากพิมพ์	128
29	ชุบแต่งส่วนเกินของพิมพ์ด้วยเครื่องมือ	129
30	พิมพ์พลาสติกที่ขัดแต่งเรียบร้อย	129
31	นำแม่พิมพ์ทั้งสองชิ้นมาประกบกันแล้วรัดไว้ด้วยยางยืด	130
32	เทน้ำยางพาราขึ้นลงไปนพิมพ์ช้าๆ	131
33	เทน้ำยางลงไปนพิมพ์จนเต็ม	131
34	ใช้เหล็กแหลมจี้วัดความหนาของเนื้อยาง	132
35	เทน้ำยางส่วนเกินออกจากพิมพ์	132
36	ภายในพิมพ์เมื่อเทน้ำยางส่วนเกินออกหมด	133

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
37	คว่ำปากแม่พิมพ์ทิ้งไว้รอให้เนื้ออย่างแห้ง	133
38	แกะชิ้นงานท่อมคลูกออกจากแบบพิมพ์	134
39	แกะชิ้นงานคอมคลูกออกจากแบบพิมพ์	134
40	ชิ้นงานสำเร็จส่วนทวารหนักและอวัยวะเพศ	135
41	ตัดแต่งส่วนเกินของชิ้นงานออก	135
42	แพลงวงจรสำเร็จรูป “เกมทดสอบสมาธิ”	136
43	วงจรสำเร็จรูป “เสียงว้าวร้อง มอ มอ”	136
44	เปลี่ยนหลอดไฟในแพลงวงจรให้ใหญ่ขึ้น	137
45	แพลงวงจร ลำโพง และแบตเตอรี่พลังงาน	137
46	การประกอบแพลงวงจรทั้งหมดเข้ากับกล่องอเนกประสงค์	138
47	สวิตช์ที่ใช้ทำเป็นเซ็นเซอร์	138
48	ติดแผ่นโลหะเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้กับสวิตช์เซ็นเซอร์	139
49	ต่อสายไฟที่ขาของสวิตช์เซ็นเซอร์และใส่ปลั๊กที่ปลายสาย	139

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
50	ประกอบโครงเหล็กฉากทั้งหมดเข้าด้วยกัน	140
51	ยึดโครงเหล็กฉากทุกมุมให้แน่นด้วยน็อตยึดเหล็กฉาก	141
52	ตัดไม้อัดตามขนาดที่วัดไว้สำหรับทำเป็นแผ่นยึดหุ่นจำลอง	141
53	เจาะรูไม้อัดเพื่อใช้เป็นรูร้อยน็อตสำหรับยึดติดกับโครงเหล็กฐาน	142
54	ใช้ปากกาลากเส้นรอบหุ่นจำลองเพื่อแสดงตำแหน่งจุดที่จะตัดไม้ออก	143
55	ใช้เครื่องมือตัดตัดไม้ออกเป็นช่องตามที่วัดไว้	143
56	ตัดไม้ออกตามที่วัดไว้ และขัดแต่งให้ได้ขนาดตามกำหนด	144
57	นำหุ่นจำลองมาทดลองใส่กับช่องที่ตัดไว้	144
58	ด้านหน้าของฐานที่ตั้งหุ่นจำลองที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว	145
59	ด้านข้างของฐานที่ตั้งหุ่นจำลองที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว	146
60	ประกอบสวิตช์เซ็นเซอร์เข้ากับหุ่นจำลองส่วนคอมดลูก	147
61	ประกอบสวิตช์เซ็นเซอร์ที่ติดอยู่กับคอมดลูกเข้ากับส่วนท่อมดลูก	147
62	สวิตช์เซ็นเซอร์ติดเข้าตำแหน่งท่อมดลูก	148

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
63	สติงเย็บผ้าและถุงน่อง	148
64	แผ่นพลาสติกทำเป็นที่ยึดสติง	149
65	ยึดสติงและถุงน่องเข้าที่ตำแหน่งหลังรูทวารหนัก	149
66	ประกอบส่วนประกอบต่างๆเข้าด้วยกัน	150
67	ติดกล่องแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผ่นไม้ด้านหน้าของสื่อ	150
68	ชิ้นงานประกอบสำเร็จด้านหน้า	151
69	นำผ้าคลุมที่ตัดเย็บไว้มาประกอบเข้ากับชิ้นงาน	151
70	ทำสีผ้าคลุมชิ้นงานให้เข้ากับสีของตัวโครงฐานที่ตั้ง	152
71	นำสื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและหุ่นจำลองตรวจ	153
72	ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้สื่อ	153
73	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ	154
74	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ	154
75	อธิบายวิธีการใช้สื่อแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียม	155

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
76	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สั่	155
77	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สั่	156
78	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมประเมินคุณภาพสั่	156
79	กลุ่มทดลองขนาดเล็กทดลองใช้สั่	157
80	กลุ่มทดลองขนาดกลางทดลองใช้สั่	157
81	อาจารย์ผู้สอน สอน โดยใช้สั่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	158
82	นักศึกษากลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติกับสั่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	158
83	อาจารย์ผู้สอนประเมินผู้เรียนเป็นรายบุคคล	159
84	อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน	159

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีการศึกษานับเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหาทางการศึกษาและการพัฒนาการศึกษาโดยรวม โดยสามารถนำไปใช้ได้กับการเรียนการสอนทั้งในและนอกห้องเรียน เทคโนโลยีการศึกษาทั้งในรูปแบบดั้งเดิมและนวัตกรรมการศึกษาสามารถนำมาใช้เสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอนและการบริการการศึกษาให้ได้ประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น การเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมเพื่อนำไปประกอบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และตรงกับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนดไว้นั้นเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเพราะเท่ากับการให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงแก่ผู้เรียนช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจยิ่งขึ้น

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ได้กำหนดให้มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเข้ามาช่วยพัฒนาบุคลากร เพื่อให้มีความรู้ มีความสามารถที่จะใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยได้กำหนดให้ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในโอกาสแรกที่ทำได้ เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะนำเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเข้ามาใช้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น เรียนได้เร็วขึ้น การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ในทุกเวลาและทุกสถานที่ ผู้เรียนจะมีอิสระในการเรียนรู้ และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถ จึงสนองตอบความต้องการของแต่ละบุคคลได้เป็นอย่างดี

ในปัจจุบันการเล็งเห็นคุณค่าได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว วิธีการผสมเทียมจึงยังมีความจำเป็นต้องนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์และการเพิ่มจำนวนโคมากขึ้น โดยเฉพาะ โคนมได้มีการผสมเทียมกันอย่างกว้างขวางจนแทบจะไม่มีการผสมพันธุ์แบบธรรมชาติเหลืออยู่เลย แม้ในปัจจุบันจะมีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ อันได้แก่การย้ายฝากตัวอ่อนมาใช้ในโคนมบ้างแล้วก็ตาม แต่นั่นก็ยังอยู่ในขั้นทดลองและห่างไกลจากความจริงที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโครายย่อยจะสามารถนำไปใช้ได้ (วิเศษ โยกมา, 2549: 10)

การผสมเทียมจะช่วยเร่งรัดการผลิตสัตว์พันธุ์ดีให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุดที่ใช้เป็นหลักในการปรับปรุงและพัฒนาการปศุสัตว์ สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและขยายพันธุ์โค เพื่อให้ได้โคพันธุ์ดีเพิ่มขึ้นจำนวนมากๆ ในระยะเวลาอันสั้นและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง

จากการศึกษาพบว่า การเรียนการสอนเรื่องการผสมเทียม มีทั้งการฝึกปฏิบัติกับอวัยวะสืบพันธุ์ของโคจริงที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่น้ำยา formalin และการฝึกปฏิบัติกับตัวโคจริง มีผลกระทบต่อตัวผู้เรียนและผู้สอน การใช้อวัยวะที่ผ่านการเก็บรักษาโดยการแช่น้ำยา formalin ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพ น้ำยา formalin มีกลิ่นฉุนรุนแรง ทำให้แสบตา น้ำตาไหล หากเข้าตาโดยตรงอาจทำให้ตาบอดได้ หากไม่ได้รับการรักษาในทันทีทันใด กลิ่นเหม็นฉุนทำให้คลื่นไส้ อาเจียน บางคนเกิดอาการแพ้ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้แสบจมูก เจ็บคอ หากสูดดมเข้าไปนานๆ อาจมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ (จจร กอบสันเทียะ, 2542: 1)

การฝึกปฏิบัติผสมเทียมกับตัวโคจริงๆ ผู้ฝึกปฏิบัติจะต้องฝึกทำการผสมเทียมในโคจริงทั้งๆที่ไม่มีประสบการณ์ และต้องทำการฝึกปฏิบัติหลายๆ ครั้งจึงจะเกิดทักษะและความชำนาญ การที่ผู้ฝึกปฏิบัติขาดประสบการณ์และความชำนาญ อาจทำให้การผสมเทียมโคขาดประสิทธิภาพ ผสมไม่ติด ทำให้แม่โคแท้งลูก ทำลายอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โค ทำให้แม่โคได้รับบาดเจ็บจนอาจถึงตายได้ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากโดยไม่จำเป็น และในการฝึกปฏิบัติผสมเทียมกับโคจริงนั้น จะใช้โคฝูงเดิมในการฝึก หลังจากการฝึกจะต้องมีการพักฟื้น โคเป็นระยะเวลา 1-3 เดือน เพื่อให้โคหายจากอาการบาดเจ็บและการบอบช้ำ และเมื่อโคหายดีแล้วก็จะนำเอาโคฝูงเดิมกลับมาให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเช่นเดิม

Edgar Dale ได้จัดแบ่งสื่อการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสื่อโสตทัศนูปกรณ์ต่างๆ และในขณะเดียวกันก็เป็นการแสดงขั้นตอนของประสบการณ์การเรียนรู้และการใช้สื่อแต่ละประเภทในกระบวนการเรียนรู้ด้วย โดยพัฒนาความคิดของบรูเนอร์(Bruner) ซึ่งเป็นนักจิตวิทยา นำมาสร้างเป็นกรวยประสบการณ์(Cone of Experiences) ซึ่งกล่าวถึงลำดับขั้นของประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับ เรียงลำดับจากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุดไปจนถึงประสบการณ์ที่เป็นนามธรรม โดยประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด ได้แก่ ประสบการณ์ตรงเป็นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงจากของจริง สถานการณ์จริง ขึ้นรองลงมาคือประสบการณ์รอง เป็นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเรียนจากสิ่งที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งอาจเป็นของจำลอง หุ่นจำลอง หรือการจำลองก็ได้ และขั้นตอนต่อมาคือประสบการณ์นำฏกรรม

หรือการแสดง,สาธิต,การศึกษานอกสถานที่,นิทรรศการ,โทรทัศน์,ภาพยนตร์,การบันทึกเสียง,วิทยุ, ภาพนิ่ง,ทัศนสัญลักษณ์ และ วจนสัญลักษณ์ ตามลำดับ (กิดานันท์ มลิทอง, 2543: 90-92)

หุ่นจำลอง จัดว่าอยู่ในลำดับขั้นประสบการณ์รองของกรวยประสบการณ์ ซึ่งเป็นลำดับขั้นที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่ใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด หุ่นจำลองคือวัสดุสามมิติที่สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบของจริง เนื่องจากข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถจะใช้ของจริงประกอบการเรียนการสอนได้ เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น ของจริงนั้นหาได้ยาก มีราคาแพง มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป ละเอียดอ่อนเกินไปในการจับต้อง ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน อันตรายเกินกว่าที่จะนำมาใช้ หรือเมื่อนำออกมาจากที่อยู่เดิมตามธรรมชาติแล้วผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง เป็นเพราะข้อจำกัดต่างๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องนำหุ่นจำลองมาใช้ เพราะสามารถเสนอความรู้ เรื่องราวให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ง่ายและสะดวกกว่าของจริง เนื่องจากสามารถแสดงส่วนต่างๆ หรือโครงสร้างภายในได้ บางชนิดแสดงแต่ส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่แสดงส่วนที่ซับซ้อนหรือยุ่งยาก หรือบางชนิดขยายให้ใหญ่โต และย่อส่วนให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการนำมาใช้ เป็นต้น (วาสนา ชาวหา, 2533: 22-23)

หุ่นจำลองที่สั่งซื้อจากต่างประเทศมีราคาสูง ในส่วนที่สามารถผลิตได้เองในประเทศส่วนมากวัสดุที่ใช้เป็นพลาสติกเหลว จำพวกโพลีเอสเตอร์เรซิน และไฟเบอร์กลาส ซึ่งมีคุณสมบัติทนทานแข็งแรง นำมาหล่อเพื่อสร้างชิ้นงานได้ง่าย สามารถเก็บรายละเอียดชิ้นงานและตกแต่งสีได้ดี แต่วัสดุชนิดนี้มีกลิ่นฉุน ประกอบกับมีน้ำหนักมากและราคาสูง จึงมีผู้พยายามวิจัยและพัฒนาการสร้างหุ่นจำลองจากวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติดีกว่า (สุภาภรณ์ ยิ่งยวด, 2535:3)

ยางพารา เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญของไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางทั้งประเทศประมาณ 12 ล้านไร่ กระจายกันอยู่ในภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นแหล่งปลูกยางใหม่ การพัฒนาอุตสาหกรรมยางของประเทศได้เจริญรุดหน้าเรื่อยมาจนทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางได้มากที่สุดในโลก รัฐบาลในทุกๆ สมัยได้ให้ความสำคัญในเรื่องการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยได้จัดตั้งหน่วยงานขึ้นมารับผิดชอบในด้านการวิจัยพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการให้ทุนสงเคราะห์ปลูกแทนด้วยยางพันธุ์ดี (สถาบันวิจัยยาง, 2545)

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งนำโดย อภินันท์ และคณะ (2545) ได้นำเทคโนโลยียางพองน้ำมาสร้างเป็นหุ่นจำลองประกอบการเรียนการสอนทางการแพทย์โดยทำการวิจัยและพัฒนาหุ่นจำลองอวัยวะคนและสัตว์จากยางพารา พบว่า เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนที่ดี นอกจากนั้นคุณสมบัติเด่นของยางพาราคือมีราคาถูก มีความอ่อนนุ่มเหมือนอวัยวะจริง น้ำหนักเบา ตกไม่แตก เคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะกับการนำไปทำสื่อการสอนและการศึกษาทบทวนด้วยตนเอง ตอบสนองนโยบายปฏิรูปการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จนได้รับรางวัลผลงานวิจัยดีเด่นในการแสดงผลงานการประชุมวิชาการทางกายวิภาคศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 (สุภากรณ์ ยิ่งवाद, 2535)

ด้วยเหตุผลข้างต้น จึงทำให้หุ่นจำลองมีบทบาทอย่างยิ่งในการนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน เนื่องจากสามารถสร้างความสนใจ เน้นความสัมพันธ์ของระบบ เป็นตัวแทนของจริง เข้าใจง่ายต่อการเรียนรู้ จดจำได้นาน ทำให้เข้าใจจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม สื่อความหมายได้ถูกต้อง ให้ความเข้าใจด้วยการสัมผัส มีอายุการใช้งานนาน และช่วยให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์ (ผดุงศักดิ์ ศิลากร, 2535)

การนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้เป็นส่วนประกอบในหุ่นจำลองยางพารา มีส่วนช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติ และผู้ประเมินสามารถทราบได้ว่าผู้ปฏิบัติสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้การเรียนการสอนในเรื่องของการผสมเทียมง่ายขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมขึ้น อันเนื่องมาจากการเรียนการสอนวิชาผสมเทียม มีความจำเป็นที่ต้องเรียนจากของจริง เพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญ และประสบการณ์ อันเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้งานได้จริงในอนาคต ดังนั้นการใช้หุ่นจำลอง จึงน่าจะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่เหมาะสมต่อสภาพการเรียนการสอนในลักษณะนี้ โดยเฉพาะหุ่นจำลองที่ผลิตจากยางพารา ซึ่งมีคุณสมบัติในเรื่องของความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่นใกล้เคียงกับอวัยวะของสิ่งมีชีวิต ทั้งยังเป็นวัสดุดิบที่สามารถผลิตได้เองในประเทศ นอกจากนี้ข้อดีของหุ่นจำลองยังสามารถใช้ได้ยาวนาน โดยไม่ต้องมีการบำรุงรักษา เพียงแต่ดูแลให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมอ สามารถใช้ฝึกปฏิบัติ ทบทวนได้บ่อยครั้งขึ้นตามความต้องการ เพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญมากขึ้น และช่วยลดอัตราการบาดเจ็บและเสียชีวิตของโคที่ใช้ฝึกได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม
5. สืบพันธุ์จากยางพารา เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายภายในประเทศ ราคาถูก มีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้นาน เป็นการประหยัดงบประมาณแผ่นดินได้ และสามารถฝึกปฏิบัติบททวนได้บ่อยครั้งตามต้องการ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขอบเขตดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างหุ่นจำลอง เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจ เรื่อง การผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์
2. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 60 คน
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 15 คน โดยได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้หุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ
2. หุ่นจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จะเป็นแนวทางในการสร้างหุ่นจำลองในระบบอื่นๆที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับโค หรือสัตว์ชนิดอื่นๆ ต่อไป เพื่อเป็นประโยชน์ในการเรียนการสอนในสาขาวิชาหรือแขนงที่เกี่ยวข้อง
3. การใช้หุ่นจำลองแทนของจริง จะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องปลอดภัยจากน้ำยา formalin เมื่อหุ่นจำลองมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ ก็ไม่จำเป็นต้องนำซากสัตว์ที่ดองด้วยน้ำยา formalin มาใช้เรียนอีก อันเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้เรียน ผู้สอน และผู้เกี่ยวข้อง
4. การใช้หุ่นจำลองแทนของจริงจะช่วยลดอัตราการบาดเจ็บและเสียชีวิตของโคที่ใช้ฝึกได้

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ ไม่ศึกษาครอบคลุมถึงตัวแปรที่เกี่ยวกับเพศ อายุ สถิติปัญญา ฐานะทางเศรษฐกิจ สถานภาพทางครอบครัว และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

นิยามศัพท์

“หุ่นจำลองยางพารา” หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นหุ่นจำลองระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียที่ทำจากวัสดุยางพารา โดยวิธีการหล่อแบบจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วนคือ ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอกและทวารหนัก ส่วนท่อมดลูก ส่วนคอมดลูก ส่วนฐานที่ตั้ง และส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์

“วงจรอิเล็กทรอนิกส์” หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ใช้สารกึ่งตัวนำและอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนได้ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ วงจรควบคุมเสียงเสียงโคร้องพร้อมลำโพงขนาดเล็ก ไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของวงจร และ

วงจรไฟฟ้าอนุกรม ซึ่งผู้วิจัยได้นำวงจรทั้งหมดมาประกอบกันให้ทำงานร่วมกันเป็นวงจรเดียว เมื่อผู้ฝึกปฏิบัติปฏิบัติได้ถูกต้องจะมีเสียงโคริ่งและไฟแสดงสถานะติดขึ้น

“ประสิทธิภาพ” หมายถึง ระดับคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ฝึกปฏิบัติด้วยหุ่นจำลอง ยางพารา ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่ได้จากแบบประเมินระหว่างเรียนและแบบประเมินหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ที่ระดับ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างได้จากการเก็บข้อมูลจากแบบประเมินระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างได้จากการเก็บข้อมูลจากแบบประเมินหลังเรียน

จากผลการทดลองพบว่าสื่อหุ่นจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.75/84.08

“ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย” หมายถึง ส่วนหนึ่งของอวัยวะสืบพันธุ์ของโคเพศเมีย เป็นส่วนสำคัญสำหรับการผสมเทียม เพราะเป็นจุดที่จะต้องสอดป้อนผสมเทียมผ่านเข้าไป

“การผสมเทียม” หมายถึง การผสมพันธุ์แบบวิทยาศาสตร์ โดยการรีดน้ำเชื้อจากสัตว์พ่อพันธุ์ที่คัดเลือกแล้วว่าลักษณะและการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเยี่ยม แล้วนำไปฉีดผสมเข้าไปในอวัยวะสืบพันธุ์ของสัตว์ตัวเมียที่กำลังเป็นสัด เพื่อให้สัตว์เพศเมียตั้งท้องและมีลูกตามปกติ โดยไม่ต้องใช้พ่อพันธุ์ตัวขึ้นทับหรือผสมกับสัตว์เพศเมียตามธรรมชาติ

“นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี” หมายถึง นักศึกษาในระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 15 คน ที่ผ่านการเรียนในวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม โดยกำหนดให้ฝึกปฏิบัติกับสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

“วิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม” หมายถึง วิชาที่เกี่ยวกับวิทยาการของการสืบพันธุ์และการผสมเทียมของสัตว์เลี้ยง โดยมุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับระบบกายวิภาค และ

สรีรวิทยาของระบบการสืบพันธุ์ของสัตว์ วิธีการหาพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์สัตว์ พันธุ์ดีที่ผ่านการ
พิสูจน์แล้วสำหรับการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ โดยวิธีการผสมเทียม วิธีการเก็บรักษาน้ำเชื้อ เทคนิคการ
ผสมเพื่อให้มีอัตราการผสมติดสูง การตรวจการเป็นสัด และการตรวจการอุ้มท้อง การวัดผลสำเร็จ
ของการผสมเทียม โรคทางการสืบพันธุ์ การเก็บบันทึกข้อมูลการผสมเทียม ทั้งนี้เพื่อเพิ่ม
ประสิทธิภาพของการสืบพันธุ์สัตว์พันธุ์ดีให้แพร่กระจายไปสู่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์อย่างรวดเร็วและ
มีประสิทธิภาพสูงสุด



บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการตรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เอกสารความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน
2. เอกสารความรู้เกี่ยวกับหุ่นจำลอง
3. เอกสารความรู้เกี่ยวกับขงพารา
4. เอกสารความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
5. เอกสารความรู้เกี่ยวกับการผสมเทียม
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารความรู้เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน

ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

สื่อ หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่บรรจุข้อมูลเพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถสื่อสารกันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ (กิดานันท์ มลิทอง, 2543: 89)

สื่อ หมายถึง ตัวกลางหรือพาหนะที่ให้สิ่งหนึ่งเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทาง เป็นตัวเชื่อมระหว่างจุดหมายปลายทางทั้งสองข้าง (กุชงค์ อังคปรีชาเศรษฐ์, 2537: 29)

สื่อการเรียนการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลางนำความรู้ไปสู่ผู้เรียน และทำให้การเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้เป็นอย่างดี (วาสนา ชาวหา, 2525: 15)

เปรี๊ยะ กุมุท (2519: 1) ให้ความหมายว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่วางไว้เป็นอย่างดี

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2526: 141) ให้ความหมายว่า สื่อการสอน หมายถึง บุคคล วัสดุ หรือเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับความรู้ ทักษะ ทศนคติ ครู หนังสือ และสิ่งแวดล้อมของโรงเรียนจัดเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2529: 112) ให้ความหมายคำว่า สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ(สิ่งเปลือง) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ใช้ไม่ผุพังง่าย) วิธีการ (กิจกรรม เกม การทดลอง ฯลฯ) ที่ใช้สื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่ง หรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติ (อารมณ์ ความรู้สึก ความสนใจ ทศนคติและค่านิยม) และทักษะไปยังผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 89) กล่าวว่า สื่อการสอนหมายถึงสื่อชนิดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยู โทรทัศน์ วิทยุทัศน์ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน สิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทางกายภาพที่นำมาใช้ในเทคโนโลยีการศึกษา เป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนของผู้สอนส่งไปถึงผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้ให้เป็นอย่างดี

ดังนั้นพอสรุปได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง บุคคล วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เทคนิควิธีการ หรือสิ่งใดก็ตามที่นำมาใช้เป็นสื่อกลางหรือช่องทางสำหรับการเรียนการสอน และสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่วางเอาไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คุณค่าของสื่อการเรียนการสอน

เปรี๊ยะ กุมุท (2519: 4) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการเรียนการสอนชนิดต่างๆ ว่ามีคุณค่าต่อการเรียนการสอนดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความจริงจังและมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน

2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในปริมาณมากขึ้นในเวลาที่กำหนดไว้จำนวนหนึ่ง
3. ช่วยให้ผู้เรียนสนใจและมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในกระบวนการเรียนการสอน
4. ช่วยให้ผู้เรียนจดจำ ประทับความรู้สึกลึกและทำอะไรรวดเร็วดีขึ้น
5. ช่วยส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหาในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน
6. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ในสิ่งที่เรียนได้ลำบาก โดยการช่วยแก้ปัญหาหรือข้อจำกัดต่างๆ ได้ดังนี้
 - 6.1 ทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้น
 - 6.2 ทำนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้น
 - 6.3 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ดูช้าลง
 - 6.4 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงช้าให้ดูเร็วขึ้น
 - 6.5 ทำสิ่งที่ใหญ่มากให้ย่อขนาดลง
 - 6.6 ทำสิ่งที่เล็กมากให้ขยายขนาดขึ้น
 - 6.7 นำอดีตมาให้เห็นได้
 - 6.8 ทำสิ่งที่อยู่ไกลหรือลึกลับมาศึกษาได้
7. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนสำเร็จง่ายขึ้น

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 98) กล่าวว่า สื่อการสอนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับผู้เรียน และผู้สอนดังต่อไปนี้

สื่อกับผู้เรียน

1. เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ เนื้อหาบทเรียนที่ยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว
2. สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน
3. การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกันและเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียน
4. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย
5. ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น
6. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

สื่อกับผู้สอน

1. การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสนทนาสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสนุกสนานมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2. สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

3. เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

จะเห็นได้ว่า สื่อการเรียนการสอน เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ แนวความคิด ทักษะ ทศนคติ จากเนื้อหาที่สอนไปสู่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม สื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้สอนได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อแต่ละอย่างไปใช้ ผู้สอนจึงควรจะได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อการสอน ข้อดีและข้อจำกัดอันเกี่ยวข้องกับตัวสื่อและการใช้สื่อแต่ละอย่าง ตลอดจนการผลิตและการใช้สื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การจัดกิจกรรมการสอนบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้ (กิดานันท์ มลิทอง, 2543: 98)

ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

เปรี๊ยะ กุมุท (2519: 98-99) ได้กล่าวว่า สื่อการสอนมีขอบเขตครอบคลุมดังต่อไปนี้

1. บุคคล นอกจากครู บรรณารักษ์ และคนอื่นๆ ที่โรงเรียนมีอยู่แล้ว ยังหมายถึงใครก็ได้ที่ไม่ได้ผลิตมาสำหรับโรงเรียน บุคคลเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อการเรียนรู้ได้ เช่น วิทยากร เป็นต้น
2. วัสดุ หมายถึง สิ่งของที่ประกอบการสอนที่โรงเรียนมีอยู่ เช่น ของจริง รูปภาพ เป็นต้น
3. อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องฉาย เครื่องเสียงต่างๆ รวมทั้งห้องปฏิบัติการทดลอง และห้องปฏิบัติการทางภาษา ตลอดจนเครื่องมือและวัสดุฝึกต่างๆ
4. สถานที่ หมายถึง อาคาร โรงเรือนฝึกงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และแหล่งวิทยาการอื่นๆ ภายในโรงเรียน

5. กิจกรรม หมายถึง กิจกรรมต่างๆที่จัดขึ้นในโรงเรียน เช่น การสาธิต การทดลอง นาฏ การ การแสดงนิทรรศการ การศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ (2541: 56-58) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะกายภาพไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1. ภาพนิ่ง เป็นการบันทึกวัตถุสิ่งของและเหตุการณ์เป็นลักษณะภาพนิ่ง ไม่มีลักษณะเคลื่อนไหว อาจเป็นภาพประกอบในหนังสือ ภาพประกอบการจัดป้ายนิเทศ เป็นสไลด์ ฟลิ้ม หรือ แผ่นภาพโป่งใสก็ได้

2. วัสดุประเภทเสียง ได้แก่ การบันทึกเสียงในเทปบันทึกเสียง แผ่นเสียง หรือระบบเสียงในฟิล์มภาพยนตร์ วัสดุอุปกรณ์ประเภทเสียงมีลักษณะเป็นนามธรรมมาก เครื่องเสียงใช้สำหรับการเรียนเป็นรายบุคคล การสอนเป็นกลุ่มย่อยหรือหมู่ใหญ่ หรือใช้กับวิทยุกระจายเสียง หรือระบบการกระจายเสียงภายในก็ได้

3. ภาพยนตร์ และวิดีโอเทป เป็นภาพที่มีลักษณะการเคลื่อนไหว อาจเป็นภาพสีหรือขาวดำ ก็ได้ ผลิตจากการแสดงสดหรือใช้เทคนิคงานกราฟิกก็ได้ วัตถุสิ่งของหรือเหตุการณ์อาจจะถ่ายทำให้เห็นลักษณะอาการปกติ หรือช้ากว่าปกติหรือวิธีโทมแลพส์ หรือหยุดภาพชั่วขณะ อาจจะมีการตัดต่อ เพื่อให้เข้าใจเรื่องราวได้ชัดเจน หรือทำให้เรื่องราวน่าสนใจยิ่งขึ้น จะมีเสียงหรือไม่มีเสียงประกอบก็ได้ ที่มีเสียงประกอบจะใช้เสียงธรรมชาติหรือการบรรยายหรือการพากย์ประกอบ หรือใช้เสียงประดิษฐ์ประกอบด้วยก็ได้

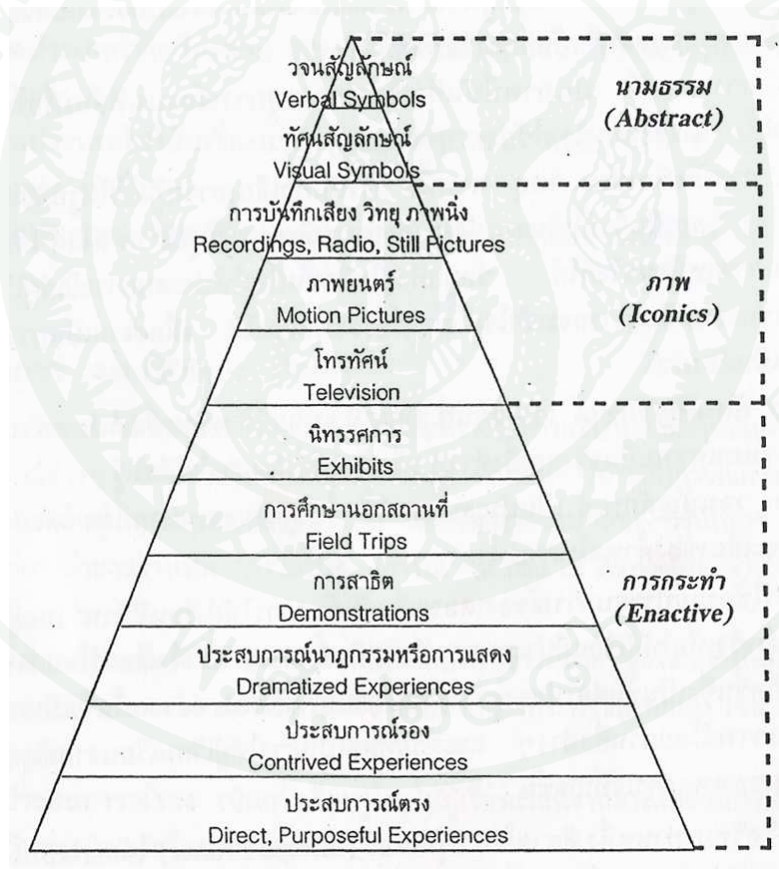
4. โทรทัศน์ ภาพและเสียง จะปรากฏบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ ภาพจะเป็นรายการสดจากสถานีส่งหรือจากวิดีโอเทป หรือจากภาพยนตร์ก็ได้ จะเป็นการส่งแบบวงจรปิดหรือการส่งออกอากาศ หรือผ่านสัญญาณดาวเทียม โดยมีเครื่องรับโทรทัศน์เปิดชมรายการ

5. ของจริง สถานการณ์จำลองและหุ่นจำลอง สื่อการสอนประเภทนี้ได้แก่บุคคล เหตุการณ์ วัตถุสิ่งของและการสาธิต

6. บทเรียนแบบโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction) บทเรียนแบบโปรแกรม จะเน้นทักษะการสื่อความหมายของผู้เรียน เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการเรียน โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มี

ประสิทธิภาพ บทเรียนแบบโปรแกรมมีหลายรูปแบบ เพราะสามารถใช้สื่อต่างๆ เสนอเนื้อหาหรือข้อสนเทศต่างๆ เช่น อาจจะเป็นรูปหนังสือ สไลด์ फिल्मสตริป ภาพยนตร์ วีดิโอเทป เครื่องช่วยสอน และคอมพิวเตอร์เป็นต้น

Dale ได้แบ่งสื่อการสอนออกเป็น 11 ประเภทโดยพิจารณาจากลักษณะของประสบการณ์ที่ได้รับจากสื่อการสอน โดยยึดความเป็นรูปธรรมและนามธรรม เป็นหลักในการแบ่งประเภทและได้แบ่งประเภทสื่อการสอนในรูปกรวยประสบการณ์ โดยให้สื่อที่มีความเป็นรูปธรรมมากที่สุดไปไว้ที่ฐานกรวยและสื่อที่เป็นนามธรรมน้อยที่สุดไปไว้ที่ยอดกรวย ดังนี้ (กิดานันท์ มลิทอง 2543: 90-91)



ภาพที่ 1 แสดงกรวยประสบการณ์ของ Edgar Dale (1969)

ที่มา: กิดานันท์ มลิทอง (2543: 92)

1. ประสบการณ์ตรง เป็นประสบการณ์ขั้นที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด โดยการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงจากของจริง สถานการณ์จริง หรือด้วยการกระทำของตนเอง เช่น การจับต้อง และการเห็น เป็นต้น

2. ประสบการณ์รอง เป็นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเรียนจากสิ่งที่ใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด ซึ่งอาจเป็นของจำลองหรือการจำลองก็ได้

3. ประสบการณ์นาฏกรรมหรือการแสดง เป็นการแสดงบทบาทสมมติหรือการแสดงละคร เพื่อเป็นการจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนในเรื่องที่มีข้อจำกัดด้วยยุคสมัยเวลาและสถานที่ เช่น เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์หรือเรื่องราวที่เป็นนามธรรม เป็นต้น

4. การสาธิต เป็นการแสดงหรือกระทำประกอบคำอธิบายเพื่อให้เห็นลำดับขั้นตอนของการกระทำนั้น

5. การศึกษานอกสถานที่ เป็นการให้ผู้เรียนได้รับและเรียนรู้ประสบการณ์ต่างๆ ภายนอกสถานที่เรียน อาจเป็นการเยี่ยมชมสถานที่ต่างๆ การสัมภาษณ์บุคคลต่างๆ ฯลฯ เป็นต้น

6. นิทรรศการ เป็นการจัดแสดงสิ่งของต่างๆ การจัดป้ายนิเทศ ฯลฯ เพื่อให้สารประโยชน์ และความรู้แก่ผู้ชม เป็นการให้ประสบการณ์แก่ผู้ชมโดยการนำประสบการณ์หลายอย่างผสมผสานกันมากที่สุด

7. โทรทัศน์ โดยใช้ทั้งโทรทัศน์การศึกษาและโทรทัศน์การสอนเพื่อให้ข้อมูลความรู้แก่ผู้เรียนหรือผู้ชมที่อยู่ในห้องเรียนหรืออยู่ทางบ้าน และใช้ส่งได้ทั้งในระบบวงจรเปิดและวงจรปิด การสอนอาจเป็นการสอนสดหรือบันทึกลงวิดีโอทัศน์ก็ได้

8. ภาพยนตร์ เป็นภาพที่บันทึกเรื่องราวเหตุการณ์ลงบนแผ่นฟิล์มเพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ทั้งภาพและเสียงโดยใช้ประสาทตาและหู

9. การบันทึกเสียง วิทยุ ภาพนิ่ง การบันทึกเสียงอาจเป็นทั้งในรูปของแผ่นเสียงหรือเทป บันทึกเสียง วิทยุเป็นสื่อที่ใช้เฉพาะเสียง ส่วนภาพนิ่งอาจเป็นรูปภาพ สไลด์ โดยเป็นการวาดภาพล้อ หรือภาพเหมือนจริงก็ได้ ข้อมูลที่อยู่ในขั้นนี้จะให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนที่ถึงแม้จะอ่านหนังสือไม่

ออกแต่ก็สามารถที่จะเข้าใจเนื้อหาเรื่องราวที่สอนได้ เนื่องจากเป็นการฟังหรือดูภาพเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องอ่าน

10. ทักษะสัญลักษณ์ เช่น แผนที่ แผนภูมิ แผนสถิติ หรือเครื่องหมายต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นสัญลักษณ์แทนความเป็นจริงของสิ่งต่างๆ หรือข้อมูลที่ต้องการให้เรียนรู้

11. วาจนสัญลักษณ์ เป็นประสบการณ์ขั้นที่เป็นนามธรรมมากที่สุด ได้แก่ ตัวหนังสือในภาษาเขียนและเสียงของคำพูดในภาษาพูด

ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด สามารถเรียนรู้ได้ถูกต้อง ลึกซึ้งและประทับใจนานที่สุด มีผลต่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน นั่นคือ ประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์จริงที่ตรงกับจุดมุ่งหมายหรือเจตนา เป็นการเรียนรู้ด้วยการสัมผัสหลายๆ ด้านด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ วิธีหนึ่งที่ทำให้ผลดีที่สุดคือ การเรียนรู้จาก “วัสดุสามมิติ” หรือ “วัสดุมีทรง” ผู้เรียนสามารถสัมผัสได้ด้วยการมอง การจับต้องลูบคลำ การฟัง และบางครั้งก็อาจจะเรียนรู้ได้โดยการดมและการชิม หากผู้สอนรู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาเฉพาะอย่าง นอกจากจะให้ประสบการณ์ที่เป็นจริงหรือใกล้เคียงแล้ว ยังช่วยสร้างความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีอีกด้วย (जर กอบสันเทียะ, 2542: 17)

เอกสารความรู้เกี่ยวกับหุ่นจำลอง

วัสดุสามมิติ

วัสดุสามมิติ หมายถึง สิ่งที่มีส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนสูงหรือความหนา สามารถสัมผัสได้หลายด้าน โดยเฉพาะการจับต้องลูบคลำ วัสดุสามมิติหรือวัสดุมีทรง จำแนกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (วาสนา ชาวหา, 2533: 22)

1. ของจริงหรือของจริงแท้ ที่ไม่แปรเปลี่ยน (unmodified real thing) หมายถึง วัสดุสามมิติที่อยู่ในสภาพความเป็นจริง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแปรเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม มีทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์ผลิตขึ้นมา เช่น ดอกไม้ แมลง เครื่องมือในการประกอบอาชีพ เป็นต้น

2. ของจริงที่แปรเปลี่ยน (modified real thing) หมายถึง ของจริงที่ได้รับการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสม และสะดวกต่อการนำไปใช้ในการเรียนการสอน เช่น สัตว์สตัฟฟ์ เครื่องยนต์ผ่าซึก เป็นต้น

3. ของตัวอย่าง (specimen) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของของจริง แต่สามารถเป็นตัวแทนของจริงได้เป็นอย่างดี เช่น ตัวอย่างแร่ ตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ ชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตที่คงด้วยน้ำยา เป็นต้น

4. ของจำลองหรือหุ่นจำลอง (model) หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนของจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้สอนไม่สามารถนำของจริง หรือของตัวอย่างมาใช้ในการกระบวนการเรียนการสอนได้ เพราะข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

4.1 ของจริงหรือของตัวอย่างนั้นหาได้ยากหรือแพงเกินไป

4.2 มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่เกินไป

4.3 ละเอียดยากเกินไปในการจับต้อง

4.4 ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน

4.5 อันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงนำมาใช้

4.6 เมื่อนำออกจากที่เป็นอยู่เดิมตามธรรมชาติแล้ว อาจผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง

4.7 ของจริงบางอย่างมีลักษณะเป็นนามธรรม จนเกินกว่าจะนำมาสอนได้

ดังนั้น หุ่นจำลองจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้แทนของจริง เพราะหุ่นจำลองสามารถนำเสนอในสิ่งที่ยากจะเข้าใจ หรือสิ่งที่สลับซับซ้อนได้ ซึ่งบางสิ่งของจริงไม่อาจทำได้ เช่น ขยายสิ่งที่เล็กๆ สังเกตเห็นลำบากให้ใหญ่โตสังเกตและศึกษาได้ง่าย ของจริงที่ใหญ่เกินไปก็สามารถจำลองให้เล็กลงได้เพื่อสะดวกต่อการศึกษา โครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตก็สามารถจำลองออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจน เป็นต้น

ความหมายของหุ่นจำลอง

วาสนา ชาวหา (2533: 23) ให้ความหมายว่า หุ่นจำลอง หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนของจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้สอนไม่สามารถนำของจริงหรือของตัวอย่างมาใช้ในการกระบวนการเรียนการสอนได้ เพราะของจริงมีอุปสรรคต่างๆ

มนตรี เข้มกลีกร (2526: 140) ให้ความหมายว่า หุ่นจำลองเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทวัสดุสามมิติ เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงด้วยตนเอง โดยวิธีต่างๆกัน ได้แก่ การมองเห็น การได้ยินเสียง การได้สัมผัส การได้ลิ้มรส และการได้ดมกลิ่น

นิพนธ์ สุขปรีดี (2528: 49) ให้ความหมายว่า หุ่นจำลอง หมายถึง ตัวแทนวัสดุสามมิติ ของจริงหลายอย่างที่เรานำมาซึ่งจะนำของจริงนั้นๆ มาใช้สอนได้โดยตรง เพราะมีอุปสรรคต่างๆหลายอย่าง

ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ (2527: 58) ให้ความหมายว่า หุ่นจำลอง หมายถึง ของที่ผลิตเลียนแบบของจริงมากที่สุดทั้งขนาด รูปร่าง สเกล ฯลฯ

เกื้อกูล คุปรัตน์ (2535: 297) ให้ความหมายว่า หุ่นจำลอง หมายถึง สิ่งแทนของจริงซึ่งเป็นวัสดุสามมิติที่อาจย่อให้เล็กหรือขยายใหญ่ เพื่อที่จะนำมาศึกษาได้สะดวก หรืออาจใช้แทนของจริงที่หาได้ยาก

ดังนั้นพอสรุปได้ว่า หุ่นจำลอง หมายถึง วัสดุสามมิติที่สร้างเลียนแบบของจริง ให้เหมือนจริงมากที่สุด เพื่อใช้แทนของจริง เนื่องจากของจริงมีข้อจำกัดหรืออุปสรรคต่างๆ ในการนำมาใช้

ประเภทของหุ่นจำลอง

หุ่นจำลอง อาจแยกได้หลายประเภทแล้วแต่ความมุ่งหมายของหุ่นจำลองนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะแบ่งประเภทให้เด็ดขาดลงไปนั้น ทำได้ยากเพราะแต่ละประเภทมีความเกี่ยวพันเหลื่อมล้ำกันอยู่ ซึ่งพอจะแบ่งประเภทคร่าวๆ ได้ดังนี้ (เกื้อกูล คุปรัตน์, 2532:297-298)

1. หุ่นทรงภายนอก (Solid Model) หุ่นแบบนี้ต้องแสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้รับความเข้าใจโดยทั่วไป รายละเอียดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หุ่นจำลองแบบนี้ย้ำเน้นในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี หรือพื้นผิว ลวดลาย มาตรการส่วนอาจจะผิดไปจากของจริงได้ ผู้สอนสามารถทำหุ่นจำลองรูปทรงภายนอกด้วยตนเองง่ายๆ จากวัสดุต่างๆ กัน เช่น กระดาษ พลาสติก ไม้ และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น
2. หุ่นเท่าของจริง (Exact Model) จะมีขนาดรูปร่างรายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ หุ่นประเภทนี้ใช้แทนของจริงซึ่งหาได้ยาก หรือมีราคาแพง หรืออาจมีความเสียหายได้ง่าย แต่มีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียดทุกอย่างว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น หุ่นจำลองของสมองมนุษย์ เป็นต้น
3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged and Reduced Model) ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หุ่นจำลองแบบมาตรการส่วน ทั้งนี้เพราะต้องการย่อหรือขยายให้เล็กหรือใหญ่เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน หุ่นประเภทนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียด และความสัมพันธ์ของของจริงได้
4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut-away Model) แสดงให้เห็นลักษณะภายในโดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็นว่าส่วนต่างๆ ประกอบกันอย่างไร จึงจะเกิดเป็นสิ่งนั้นๆ เช่น หุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของฟัน หุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของดอกไม้
5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build-up Model) หุ่นจำลองแบบนี้ แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้นว่าภายในสิ่งนั้นประกอบด้วยสิ่งย่อยๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วนๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงหน้าที่ และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น หุ่นแสดงปริมาตร หุ่นแสดงอวัยวะภายในของมนุษย์

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวการทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักร หุ่นจำลองประเภทนี้มีประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่ของสิ่งของนั้นๆ

7. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง (Mock-up Model) หุ่นจำลองประเภทนี้แสดงความเป็นของสิ่งหนึ่ง ซึ่งจัดวางหรือประกอบส่วนต่างๆ ของจริงเสียใหม่ให้ผิดไปจากที่เป็นอยู่เดิม ส่วนมากใช้ประโยชน์แสดงขบวนการซึ่งมีหลายๆ ส่วนเข้าไปเกี่ยวพันด้วย

ลักษณะของหุ่นจำลองที่ดี

ลักษณะของหุ่นจำลองที่ดี มีลักษณะดังนี้ (ลัดดา สุขปรีดี, 2522: 72)

1. เป็นวัสดุสามมิติที่ให้ความคิดรวบยอดถูกต้อง
2. มีขนาดไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไปที่จะนำไปศึกษาได้
3. ใช้สีเน้นส่วนที่สำคัญๆ
4. แสดงส่วนประกอบที่สำคัญได้ถูกต้องตรงตามจุดมุ่งหมาย

การนำวัสดุสามมิติ หรือหุ่นจำลองมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ผู้สอนควรพิจารณาให้รอบคอบ เช่น เป็นหุ่นจำลองประเภทใด เท่าของจริง ขยายใหญ่หรือย่อส่วน หรือผิดจากความเป็นจริงไปมากน้อยเพียงใด ควรเลือกหุ่นจำลองให้ตรงตามจุดมุ่งหมายของเรื่องที่จะสอนให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้ดีที่สุด นอกจากนี้ผู้สอนยังสามารถใช้สื่ออื่นๆ เช่น รูปภาพ แผนภูมิ ร่วมกับการใช้หุ่นจำลองในการเรียนการสอนด้วยก็ได้

การสร้างหุ่นจำลอง

หุ่นจำลองเพื่อการศึกษา โดยพื้นฐานแล้ว การที่จะสร้างให้ดีและมีคุณภาพเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางศิลปะ โดยเฉพาะงานปั้นหรือที่เรียกว่าประติมากรรม (นิวัติ หะนนท์, 2540: 23)

ประติมากรรม หมายถึง งานปั้น แกะสลัก หล่อ ประติมากรรมเป็นงาน 3 มิติ ดังนั้น ประติมากรรมเป็นกระบวนการสร้างสรรค์งาน ในลักษณะสามมิติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับศิลปะแขนงทัศนศิลป์โดยตรง ด้วยรูปทรงที่มองเห็นได้ด้วยความกว้าง ความยาว ความสูง หรือความหนา ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญดังนี้ (บุญเยี่ยม เข้มเมือง, 2537: 65)

1. การปั้น (Modelling)

เป็นกระบวนการสร้างงานประติมากรรมในทางบวก (Additive Process) จะตรงข้ามกับวิธีแกะสลัก วิธีการปั้นเป็นการเอาส่วนย่อยเพิ่มเข้าเพื่อเป็นส่วนรวม เหมาะกับวัสดุที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงสภาพได้ เช่น ดินเหนียว ดินน้ำมัน ปูนปลาสเตอร์ ปูนเพชร(ปูนขาวผสมกับทรายละเอียด) น้ำอ้อย กาวหนังสัตว์ น้ำฟาดจากเปลือกไม้ผสมกันจนเหนียวนุ่ม โดยเก็บไว้ในถุง ถ้าถูกลมจะแข็งตัว

2. การแกะสลัก (Carving)

เป็นกระบวนการในทางลบ (Subtractive Process) เป็นการเอาส่วนต่างๆ ออกจากส่วนรวม ผลที่ได้เรียกว่า รูปสลัก จะใช้กับวัสดุที่ไม่แข็งแรงมากนัก ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะถ้าแกะหรือสลักแรงเกินไป งานเสียจะแก้ไขได้ยาก การแกะสลักจึงเป็นงานที่ยากกว่างานปั้น วัสดุที่ใช้ในการแกะสลัก ได้แก่ ไม้เนื้อแน่นละเอียด เช่น ไม้สัก ไม้โมก ไม้ตะแบก หินทราย งาช้าง เป็นต้น

3. การหล่อ (Casting)

เป็นกระบวนการผลิตทางประติมากรรม เป็นกระบวนการทำงานหลายขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ต้องสร้างรูปต้นแบบด้วยการปั้น

ขั้นที่ 2 นำรูปต้นแบบมาทำแม่พิมพ์โดยใช้ปูนปลาสเตอร์

ขั้นที่ 3 ถอดแม่พิมพ์เพื่อนำรูปต้นแบบออก

ขั้นที่ 4 ทำความสะอาดแม่พิมพ์

ขั้นที่ 5 ทาแม่พิมพ์ด้วยน้ำมันมะพร้าว และสบู่โดยทาให้ทั่ว

ขั้นที่ 6 เทวัสดุที่ต้องการลงไปแทนที่รูปต้นแบบในแม่พิมพ์ เมื่อแข็งและแห้งดีแล้วถอดพิมพ์จะได้งาน 1 ชิ้น วัสดุที่ใช้ในการหล่อ ได้แก่ ปูนปลาสเตอร์ ทองคำ เงิน ทองแดง ทองเหลือง สำริด พลาสติก ฯลฯ

4. การถอดแม่พิมพ์ (Molding)

เป็นกระบวนการถ่ายแบบออกมาจากของจริง หรือจากรูปต้นแบบ (Original form) ซึ่งมีรูปทรงต่างๆ อาจมาจากธรรมชาติ เช่น คน สัตว์ หรือพืชก็ตาม จะมีความสัมพันธ์กับการหล่ออันเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน การทำแม่พิมพ์โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ แม่พิมพ์ทُبจะได้งานหล่อ 1 ชิ้น ส่วนแม่พิมพ์ขึ้นจะได้งานหล่อหลายชิ้น นอกจากนั้นความแตกต่างระหว่างพิมพ์ทُبกับพิมพ์ขึ้นก็คือ แม่พิมพ์ทُبนั้นเป็นแม่พิมพ์ขึ้นเดียว เมื่อหล่องานได้แล้วต้องทุบทิ้ง ส่วนแม่พิมพ์ขึ้นนั้นแบ่งพิมพ์ออกเป็นชิ้นส่วน เมื่อหล่องานได้แล้วก็ถอดพิมพ์ออกทีละส่วน เมื่อจะหล่อใหม่ก็จะประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันใหม่ ทำให้หล่องานได้หลายครั้ง

วัสดุที่ใช้ในการสร้างรูปต้นแบบ

ดิน (Clay) สำหรับการปั้นเพื่อขึ้นรูป (สุรเกียรติ์ ยอดวิเศษ, 2538: 15)

ดินแบ่งได้ตามแหล่งกำเนิด เช่น ดินในที่ราบสูงส่วนใหญ่ ได้แก่ ดินกาอลิน(ดินขาว) ดินชนไฟ ดินที่เกิดในที่ราบต่ำ ได้แก่ ดินเหนียว ดินขาวเหนียว ดินต่างๆที่พบสีสันทันต่างๆกัน แล้วแต่ลักษณะภูมิประเทศที่พบ แบ่งออกได้เป็น

1. ดินกาอลิน (kaolin) เป็นชื่อเรียกตามชื่อภูเขากาอลินในประเทศจีน มีสีขาวบริสุทธิ์ ผสมน้ำจะมีความเหนียวไม่มากนัก

2. ดินขาวเหนียว (ball clay) เป็นดินที่มีแร่และสารอินทรีย์บางชนิดปนอยู่ ซึ่งเกิดจากการชะล้างของดินเหนียว มารวมกันทำให้มีสีคล้ำค่อนข้างขาว ผสมกับน้ำจะมีความเหนียวมาก

3. ดินเหนียว (common clay) เป็นดินที่มีความเหนียว มีสีเทาหรือสีดำปนเทา ดินชนิดนี้เหมาะในการทำเครื่องปั้นดินเผา เช่น โอ่ง ไห กระถาง ดินชนิดนี้มีที่อยู่ทั่วไปทุกจังหวัด มีมากที่จังหวัดนนทบุรี

4. ดินทนไฟ (fire clay) เป็นดินที่มีสีคล้ำมีความเหนียวดี ผสมกับน้ำจะมีความเหนียวต่างกัน เป็นดินที่ทนความร้อนได้สูงโดยไม่เปลี่ยนสภาพรูปร่าง ใช้สำหรับผสมทำวัตถุทนไฟ ทำอิฐทนไฟ ทำเตาหลอม ดินชนิดนี้มีอยู่ในจังหวัดปราจีนบุรี

5. ดินน้ำมัน (artificial clay) เป็นผลผลิตจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมเป็นดินที่เหมาะสมต่อการนำมาปั้นรูปดินแบบกันมาก เนื่องจากความสะอาด ไม่เลอะเทอะ ไม่แห้งเมื่อถูกอากาศ เหมาะสำหรับงานที่มีขนาดเล็ก แต่ดินน้ำมันก็มีจุดด้อยคือ เมื่อถูกอากาศร้อนจะอ่อนตัวทำให้เสียรูปทรงได้ง่าย และอีกอย่างคือ ความละเอียดของเนื้อดินถ้าดินน้ำมันที่มีราคาถูกเนื้อดินจะหยาบ ไม่สามารถเก็บรายละเอียดเล็กๆในงานปั้นได้ ดังนั้นถ้าจะให้ผลงานมีความละเอียดขึ้น ต้องใช้ดินน้ำมันที่มีเนื้อละเอียด ซึ่งราคาค่อนข้างสูงตามไปด้วย

6. ดินกระดาษ หรือดินญี่ปุ่น (Japan clay) เป็นดินที่ได้จากการสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสำหรับงานปั้นที่มีขนาดเล็ก เนื้อดินมีความละเอียดมาก ลักษณะพิเศษของดินชนิดนี้คือเมื่อแห้งแล้วจะแข็งและมีความแกร่งมาก สามารถทำรูปดินแบบได้เลย โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำพิมพ์และการหล่ออีก ดินชนิดนี้ในเมืองไทยเรายังไม่นิยมใช้กันมากนัก เพราะมีราคาแพง

การเตรียมเนื้อดินปั้น (clay bodies) (จิรพันธ์ สมประสงค์, 2535: 35)

การผสมดิน (mixture) การผสมดินเข้าด้วยกัน เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดินให้มีคุณสมบัติที่ดีและเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น เพื่อต้องการควบคุมการหดตัว การแตกร้าวและบิดงอของเนื้อดิน โดยการเพิ่มหรือลดความเหนียวของเนื้อดินในการขึ้นรูป เป็นต้น

ดินส่วนใหญ่ที่นำมาจากแหล่งธรรมชาติมักจะไม่ค่อยบริสุทธิ์ จะมีรากไม้ เศษหิน ทราย ปะปนอยู่ในเนื้อดิน ฉะนั้นก่อนการนำไปนวด ต้องนำมาล้างให้บริสุทธิ์เสียก่อน โดยหาอ่างหรือตุ่ม

ทำการเอะดินทิ้งไว้จนแห้ง นำไปร่อนผ่านตะแกรงโดยคัดเอาดินส่วนบน เพราะดินส่วนล่างจะเป็นเศษวัชพืช หินและทราย ซึ่งตกตะกอนอยู่ จากนั้นจึงนำมาบดให้ใช้งานได้ นอกจากนี้ถ้าเป็นโรงงานอุตสาหกรรมใหญ่ๆ แล้วใช้วิธีล้างดินด้วยเครื่องมือ เช่น ไฮโดรเจนไซโคลน ซึ่งหลักการก็คล้ายๆวิธีแรก คือ นำดินลงถังแล้วหมุนบีบน้ำดินโดยแรง ทำให้เศษหิน กรวด ทราย ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าดินแยกตัวลงก้นถัง ส่วนบนเป็นดินที่นำไปใช้ได้ วิธีหลังนี้รวดเร็วกว่าแต่ลงทุนสูง

สำหรับการสร้างหุ่นจำลองทางการศึกษา จะใช้ดินน้ำมันในการปั้นรูปต้นแบบ ถ้าหากหุ่นจำลองนั้นมีขนาดใหญ่ วัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้ในการปั้นต้นแบบคือ ดินเหนียว เพราะมีราคาถูก เป็นการลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างมาก แต่ปัญหาและอุปสรรคของการใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุในการปั้นขึ้นรูปก็คือการแตกร้าวของเนื้อดินเมื่อถูกอากาศ ดังนั้นจึงต้องหมั่นพรมน้ำอยู่ตลอดเวลา และเมื่อเล็กลงก็ต้องปิดคลุมดินด้วยถุงพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้หน้าดินแห้ง และปัญหาอุปสรรคอีกอย่างก็คือ ทำให้เลอะเทอะเปอะเปื้อนได้ง่าย ทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน การปั้นด้วยดินเหนียวสามารถให้รายละเอียดในงานได้ดี แต่ถ้าหากเป็นชิ้นงานที่ไม่ใหญ่นัก ก็นิยมใช้ดินน้ำมันในการปั้นต้นแบบหุ่นจำลองได้อย่างเหมาะสม

ประวัติการทำแม่พิมพ์และการหล่อรูป (จิรพันธ์ สมประสงค์, 2533: 9)

ตามหลักการเดิมเชื่อกันว่า การหล่อรูปนี้เกิดขึ้น เนื่องจากธรรมชาติเป็นผู้สร้างและวางแนวทางไว้ ซึ่งผลงานเหล่านี้ได้เป็นตัวจุดประกายแนวความคิดของมนุษย์ให้เกิดขึ้น ภายหลังได้ศึกษาค้นคว้าเลียนแบบต่อมา เพราะผลจากพลังงานตามธรรมชาตินี้เองทำให้มีการหล่อรูปเกิดขึ้น กล่าวคือ หอย ปลา และพืชที่ตายแล้ว ซากก็ถูกทรายหรือโคลนทับถมห่อหุ้มไว้ นานเข้านับเป็นเวลาหลายล้านปี จนกระทั่งหอย ปลา หรือพืชนั้นกลายเป็นซากแข็ง และโคลนก็กลายเป็นหินไป

ต่อมาเมื่อดินนั้นแยกออกจากกัน ตรงแนวที่มีซากแข็งติดอยู่และซากแข็งนั้นหลุดออกไปติดอยู่กับหินอีกด้านหนึ่ง จะเผยให้เห็นหินอีกด้านหนึ่งมีรอยประทับเป็นส่วนลึก ซึ่งมีผิวและรูปทรงตรงข้ามกับหินซีกแรกที่เป็นส่วนนูน มีพื้นผิวและรูปทรงของซากแข็ง

ดังจะเห็นได้ว่าการหล่อรูปเป็นครั้งแรก โดยมีซากหอย ปลา หรือพืชเป็นรูปต้นแบบ มีโคลนที่กลายเป็นหิน เป็นแม่พิมพ์หรือแบบหล่อ และวัสดุที่เข้าไปแทนที่ซากซึ่งไม่คงทนจนกลายเป็นสภาพเป็นของแข็งนั้นได้ทำการหล่อรูป ได้รูปหล่อครั้งแรกออกมาเป็นซากแข็ง หรือที่เรียกว่า fossil

การหล่อรูปจะเกิดขึ้นได้อีกก็ต่อเมื่อมีวัสดุอื่นเข้าไปอยู่ในส่วนลึกของหิน ซึ่งมีเพียงด้านเดียวเท่านั้น นานๆเข้าจะกลายเป็นหินไปอีกต่อเมื่อก้อนหินเดิมซึ่งมีส่วนลึกนั้นหลุดออกไป จะเห็นเป็นส่วนนูนที่มีพื้นผิวและรูปทรงเหมือนกับซากดั้งเดิมเมื่อหลายล้านปีมาแล้วติดอยู่กับหินก้อนใหม่

การหล่อรูปครั้งหลังนี้ ได้อาศัยแม่พิมพ์หรือแบบหล่อครั้งแรก แล้วมีวัสดุใหม่ใส่เข้าไปในแม่พิมพ์นั้น จนกลายเป็นของแข็งไปอีก เมื่อถอดหินซึ่งเป็นแม่พิมพ์ออกจะได้รูปหล่อซึ่งจำลองรูปแบบออกมาเหมือนกับซากแข็ง ซึ่งเป็นรูปหล่อตัวแรก หรือซากเดิมที่เป็นรูปต้นแบบในขั้นนี้จะได้ซากแข็งตัวที่สอง แต่อาจหล่อด้วยวัสดุต่างชนิดกับตัวแรกก็ได้

การหล่อรูปในปัจจุบันนี้ จึงปรากฏรากฐานมาจากหลักการตามธรรมชาติดังกล่าวมาแล้ว โดยมนุษย์สร้างรูปต้นแบบขึ้นเองแทน หอย ปลา ฟิช ให้เป็นรูปทรงอื่นๆ ด้วยวัสดุต่างๆ เช่น โฟม จี๊ซ ดินเหนียว ปูนปลาสเตอร์ หรือวัสดุอื่นๆที่เหมาะสมนั่นเอง

การทำแม่พิมพ์ คือการถอดแบบออกมาจากของจริงที่มีตัวตนหรือรูปทรงให้จับต้องได้ ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งของตามธรรมชาติ เช่น ฟิช สัตว์ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ รูปปั้น รูปแกะสลัก เป็นต้น เรียกว่ารูปต้นแบบ (original form) ถ้าเอาสิ่งของหรือวัสดุบางอย่างที่ทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวเสียก่อน เช่น ปูนปลาสเตอร์ ปูนซิเมนต์ ฯลฯ เทหุ้มรูปต้นแบบเพื่อลอกแบบพื้นผิวและรูปทรง แล้วปล่อยให้วัสดุที่เป็นของเหลวแข็งได้กล่าวนี้จับตัวแข็ง มีพื้นผิวและรูปทรงด้านในกลับทางกับพื้นผิวและรูปทรงของรูปต้นแบบ เมื่อล้างหรือแกะเอารูปต้นแบบออกมาแล้ว ก็จะได้สิ่งที่ต้องการ คือ แม่พิมพ์หรือที่เรียกว่า “แบบหล่อ”

แม่พิมพ์หรือแบบหล่อนี้ จะไม่มีประโยชน์ถ้าไม่ได้ใช้หล่อรูป หรือใช้หล่อรูปไม่ได้ เพราะแม่พิมพ์หรือแบบหล่อย่อมมีลวดลายและรูปทรงตรงข้ามกับของจริง เมื่อหล่อรูปแล้วจึงจะได้รูปหล่อที่เหมือนรูปต้นแบบ ซึ่งถ้าจะเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ก็โดยเปรียบแม่พิมพ์หรือแบบหล่อ ซึ่งมีลักษณะตรงข้ามกับของจริง เป็นลบ เหมือนกับ “ผู้หญิง” และเรียกรูปหล่อ ซึ่งมีลักษณะเหมือนจริงเป็นบวก หรือเป็น “ผู้ชาย” ซึ่ง John W. Mills กล่าวไว้ว่า The mold is the “negative” sometimes referred to as the “female” the casting is the “positive” or “male”

แม่พิมพ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 อย่าง คือ

1. แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นไว้ใช้ชั่วคราวอย่างง่ายๆ เพื่อเปลี่ยนสภาพรูปต้นแบบที่อ่อนนุ่มไม่คงทนให้เป็นวัสดุที่แข็งแรง โดยทำเป็นแม่พิมพ์ขึ้นเดียวเพื่อหล่อรูปเพียงครั้งเดียว จะได้รูปหล่อเพียงรูปเดียวซึ่งทำได้รวดเร็ว แต่ถอดแม่พิมพ์ออกยาก จึงจำเป็นต้องทุบหรือสีกัดแม่พิมพ์ให้ชำรุดเพื่อรักษารูปหล่อไว้ เรียกว่า “พิมพ์ทุบ”

2. แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นอย่างถาวร ใช้หล่อรูปได้หลายครั้ง ต้องทำกับรูปต้นแบบที่มีลักษณะแข็ง โดยส่วนใหญ่จะทำจากรูปหล่อที่ได้จากพิมพ์ทุบ หรือรูปสำเร็จอื่นๆ ที่มีลักษณะแข็ง โดยทำให้ได้รูปหล่อที่เหมือนกัน ไม่จำกัดจำนวน เรียกว่า “พิมพ์ขึ้น”

พิมพ์ทุบ (waste mold)

คือ แม่พิมพ์หรือแบบหล่อที่ทำขึ้นอย่างง่ายๆ เพื่อใช้ชั่วคราวโดยต้องการเปลี่ยนสภาพรูปต้นแบบที่อ่อนนุ่มไม่คงทน เช่น ดินเหนียวและดินน้ำมัน เป็นต้น เป็นดิน เป็นวัสดุที่แข็งแรงแต่เหมือนรูปต้นแบบเดิมทุกประการ เพื่อรักษาคุณค่าทางศิลปะไว้โดยทำเป็นพิมพ์ขึ้นเดียวจึงไม่มีรอยต่อเป็นตะเข็บ เมื่อหล่อรูปแล้วถอดแม่พิมพ์ออกไม่ได้ ต้องกะเทาะหรือทุบพิมพ์ให้ชำรุดเพื่อรักษารูปหล่อไว้ จึงได้รูปหล่อที่ต้องการเพียงรูปเดียวเท่านั้น

พิมพ์ขึ้น (piece mold)

คือ แม่พิมพ์หรือแบบหล่อที่แบ่งหลายชิ้นให้สะดวกต่อการถอดแม่พิมพ์ออกจากรูปหล่อ จึงใช้รูปหล่อได้หลายครั้ง เป็นวิธีการถอดแบบจากรูปต้นแบบให้ได้รูปเหมือน เหมือนกันหลายรูป ประหยัดเวลา ซึ่งดีกว่าการทำทีละรูป แต่รูปต้นแบบบางรูปมีส่วนละเอียดบางอย่างไม่สามารถทำแม่พิมพ์ให้หล่อรูปเหมือนต้นแบบได้ ก็จะต้องตัดส่วนละเอียดนั้นลงไปบ้างให้สะดวกในการถอดพิมพ์ ดังนั้นจึงได้ความงามทางศิลปะไม่ครบถ้วนเหมือนรูปที่หล่อด้วยพิมพ์ทุบ แต่จะเหมาะในการใช้เป็นกระบวนการทางด้านการผลิตงานอุตสาหกรรม ซึ่งคำนึงถึงประโยชน์ในการใช้สอยมากกว่าประโยชน์ทางด้านความงาม

วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์หุ่นจำลอง

แม่พิมพ์สำหรับงานประติมากรรมทุกชนิดมีความสำคัญมาก ดังนั้น วัสดุที่จะใช้ทำแม่พิมพ์ก็แตกต่างกันไปตามลักษณะของงาน สำหรับงานหุ่นจำลอง ที่ดังต่อไปนี้

ปูนปลาสเตอร์ (plaster of paris)

ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่องานประติมากรรมประเภทต่างๆ มาก เนื่องจากการสร้างงานประติมากรรม โดยเฉพาะการปั้นรูปวัสดุโดยส่วนใหญ่ก็จะใช้ดินเหนียวหรือดินน้ำมัน ซึ่งหลังจากการสร้างงานปั้นเสร็จลง ผลงานประติมากรรมนั้นจะไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน เนื่องจากดินเหนียวหรือดินน้ำมันที่ใช้ปั้นนั้นเป็นวัสดุที่มีความอ่อนนุ่มไม่คงทน ดินเหนียว หากไม่ได้รับการดูแลพรมน้ำ ก็เกิดการหดตัวหรือเกิดรอยแตกร้าว ดินน้ำมันถ้าถูกความร้อนก็จะหลอมเสียรูปทรงได้ ดังนั้นปูนปลาสเตอร์จึงเข้ามามีบทบาทในการทำต้นแบบหรือใช้เป็นวัสดุในการทำพิมพ์และการหล่อ เพื่อการใช้งานที่แข็งแรงและทนทานกว่าดินเหนียว หรือดินน้ำมันที่ใช้ปั้นรูปประติมากรรมในแบบต่างๆ

ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุที่มีความสำคัญที่สุด ซึ่งเป็นที่รู้จักตั้งแต่ศิลปินผู้ยิ่งใหญ่ของโลกไปจนถึงชาวบ้าน ตลอดจนเด็กอนุบาล ปูนปลาสเตอร์ ได้ถูกนำมาสร้างงานศิลปะได้อย่างมากมายหลายวิธีการ เพราะปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติที่สามารถก่อตัวได้เร็ว โดยเพียงใช้น้ำสะอาดผสม ซึ่งเป็นการใช้ได้อย่างสะดวก แห้งเร็ว ทันเวลา อีกทั้งยังมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย

แต่อย่างไรก็ตาม ปูนปลาสเตอร์นั้น มีความทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศในที่กลางแจ้งได้ค่อนข้างต่ำ จึงไม่เหมาะสมกับงานประเภทถาวร แต่มักนิยมทำเพียงรูปหล่อชั่วคราว หรือการทำแม่พิมพ์หรือการใช้งานศิลปะตกแต่งภายในอาคาร ตลอดจนเครื่องประดับเล็กๆ น้อยๆ

ชนิดของปูนปลาสเตอร์

ในประเทศไทยมีปูนปลาสเตอร์ที่นิยมใช้กันอยู่ 3 ชนิด คือ

1. ปูนปลาสเตอร์ธรรมดา ทำจากแป้งเกลือจืด ได้จากนาเกลือ โดยการนำเอาแป้งเกลือจืดมาล้างแล้วนำไปเผาตัว จึงนำมาบดเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดธรรมดา มีคุณสมบัติก่อตัวช้า เมื่อแห้งแล้วแข็งไม่มาก

2. ปูนปลาสเตอร์ยิปซัม ทำมาจากแรียิปซัมล้วนๆ หรือเคลเซียมซัลเฟต นำมาบดย่อยแล้วนำไปเผาตัวบดอีกที จะได้ปูนปลาสเตอร์ชนิดยิปซัม มีคุณสมบัติที่ก่อตัวได้เร็ว แห้งแล้วมีความแข็งแรงกว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดธรรมดา

3. ปูนปลาสเตอร์หิน ทำจากแรียิปซัมล้วนๆเช่นกัน กรรมวิธีทำเช่นเดียวกับปูนปลาสเตอร์ชนิดยิปซัม แต่ได้มีการผสมโดยการใส่ปูนซีเมนต์ขาว และสีฝุ่นผสมลงไปให้เป็นสีต่างๆกันหลายสี มีคุณสมบัติก่อตัวช้ามาก แต่เมื่อแห้งแล้วแข็งแรงมาก มีน้ำหนักดีและยังทนความร้อนได้ดี

สามารถแบ่งปูนปลาสเตอร์ตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ (วัลลภ ไชยพรหม, 2533: 8)

1. ปูนปลาสเตอร์ทำแบบ (modeling plaster) ราคาถูกกว่าชนิดอื่นๆ เหมาะสำหรับงานหยาบๆ เช่น งานขึ้นรูปหรือทำแม่พิมพ์ทดลอง ศึกษารูปทรง งานประติมากรรมและทำต้นแบบ

2. ปูนปลาสเตอร์หล่อ (casting plaster) เป็นปูนที่มีโครงสร้างละเอียด แข็งตัวเร็ว นิยมใช้หล่อเพียงอย่างเดียว ราคาสูงกว่าชนิดอื่น และให้คุณภาพมากกว่า แต่ถ้าซื้อในจำนวนมากๆก็จะได้ราคาลดลง ปูนปลาสเตอร์นั้นไม่ควรเก็บไว้นานๆ ควรเก็บรักษาไว้ในภาชนะที่ไม่มีรอยร้าวและไม่ชื้น สามารถนำไปผสมปูนปลาสเตอร์ชนิดอื่นได้ตามความเหมาะสมของลักษณะงาน

ปูนปลาสเตอร์แต่ละชนิดนั้น มีคุณสมบัติเฉพาะตัวไม่เหมือนกัน ดังนั้นผู้ที่จะสร้างสรรค์งานประติมากรรมด้วยปูนปลาสเตอร์ จึงจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติเฉพาะของปูนปลาสเตอร์เพื่อการที่จะได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานต่อไป

ระยะก่อตัวของปูนปลาสเตอร์

การก่อตัวของปูนปลาสเตอร์จะแข็งเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับชนิดของปูนปลาสเตอร์และปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมด้วย ถ้าใช้น้ำน้อยจะแข็งตัวเร็ว ถ้าใช้น้ำมากจะแข็งตัวช้าโดยปกติจะก่อตัวภายใน 5-10 นาที และจะเริ่มแข็งขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 30-40 นาที ก็จะแข็งและถอดแบบได้ แต่ยังไม่แข็งตัวเต็มที่ ต้องปล่อยไว้ 3-7 วัน จนน้ำระเหยออกไปหมดแล้ว จึงจะแห้งแข็งแรงแรงเต็มที่

การเก็บรักษาปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์อาจเสื่อมคุณภาพได้ เมื่อถูกน้ำหรือความชื้นก่อนการใช้งาน ตามธรรมดาปูนปลาสเตอร์เองมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้คืออยู่แล้วด้วย จึงไม่ควรซื้อมาเก็บไว้นานๆ ปูนปลาสเตอร์ที่บรรจุถุงกระสอบไม่ควรเก็บไว้เกิน 3 เดือน ส่วนปูนปลาสเตอร์ชนิดที่บรรจุถุงพลาสติกนั้นอาจเก็บไว้ได้นานถึง 6 เดือน

งานหล่อสามารถทำได้จากแม่พิมพ์ขึ้นปูนปลาสเตอร์

การทำพิมพ์ขึ้น เป็นวิธีการทำแม่พิมพ์ที่ใช้กับการหล่อได้กว้างขวางมากที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีวิธิตำเนินการแตกต่างกันออกไปบ้าง แต่มีหลักการอย่างเดียวกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้หล่องานประเภทต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

1. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อปูนปลาสเตอร์
2. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อปูนซีเมนต์
3. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อขี้ผึ้งหรือหล่อเทียน
4. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อเครื่องดิน น้ำสลิป เป็นต้น
5. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อเครื่องโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว เป็นต้น
6. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อเครื่องแก้ว พลาสติก ไฟเบอร์ สารเคมี ฯลฯ
7. ทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อพิมพ์ขี้ผึ้ง เช่น พิมพ์ขี้ผึ้ง เป็นต้น

การทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อปูนปลาสเตอร์

ใช้ปูนปลาสเตอร์ที่มีเนื้อละเอียด แข็ง แต่งผิวง่าย เป็นวัสดุทำแม่พิมพ์ทำกับรูปต้นแบบที่เป็นวัสดุแข็ง จะทำได้เรียบร้อยดีกว่าวัสดุอ่อน โดยถือเอารูปนูนเป็นหลัก ถ้าเป็นรูปลอยตัวก็แบ่งทำเหมือนรูปนูนที่ละซีก โดยใช้ดินเหนียว ดินน้ำมัน หรือแผ่นฟิล์ม แบ่งทำพิมพ์ทีละชิ้นจนครบ แล้วมีพิมพ์ครอบปิดพิมพ์อีกชั้นหนึ่ง แม่พิมพ์ต้องมีความหนา 1 นิ้ว ถึง 1½ นิ้ว เสริมโครงเหล็กให้แข็งแรงกันแตก และมีห่วงเป็นหูหิ้วที่แม่พิมพ์ทุกชิ้นให้ดึงออกได้ง่าย น้ำมันหล่อลื่นที่จะทาแม่พิมพ์ก่อนหล่อซิเมนต์ ต้องใช้น้ำมันโซล่าผสมกับน้ำมันจีไอ (น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว)

การทำพิมพ์สำหรับหล่อขี้ผึ้งหรือหล่อเทียน

ใช้ปูนปลาสเตอร์ที่มีความทนความร้อนได้สูง เช่น ปูนปลาสเตอร์หิน หรือปูนซิเมนต์ เป็นวัสดุทำแม่พิมพ์ และดำเนินการเช่นเดียวกับการทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อปูนปลาสเตอร์ แม่พิมพ์ต้องมีความหนา 1 นิ้ว ถึง 1½ นิ้ว ทำให้ถอดแม่พิมพ์ได้คล่องตัวมากที่สุด ไม่ต้องทาน้ำมันหล่อลื่นใดๆ ทั้งสิ้น เพราะต้องใช้สำหรับหล่อขี้ผึ้ง แล้วจึงเอารูปหล่อขี้ผึ้งไปดำเนินการทำพิมพ์หล่อโลหะอีกทีหนึ่งซึ่งเป็นพิมพ์สุก

การทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อเครื่องแก้ว พลาสติก

ใช้ปูนปลาสเตอร์ที่มีเนื้อละเอียด แข็ง แต่งผิวง่าย ได้แก่ ปูนปลาสเตอร์หินเป็นวัสดุที่ทำแม่พิมพ์ และดำเนินการเช่นเดียวกับการทำแม่พิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อปูนปลาสเตอร์ แต่เมื่อได้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แล้วยังไม่นำไปใช้หล่อ จะต้องนำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครั้งแรกแต่ละชิ้นไปเป็นรูปต้นแบบสำหรับทำพิมพ์ขึ้นครั้งที่ 2 นำพิมพ์ขึ้นครั้งที่ 2 นี้ ไปหล่อขี้ผึ้ง นำรูปหล่อขี้ผึ้งไปดำเนินการทำพิมพ์หล่อโลหะ เมื่อหล่อโลหะออกมาแล้ว ก็จะได้แม่พิมพ์โลหะที่มีรูปทรงเหมือนแม่พิมพ์ ปูนปลาสเตอร์ครั้งแรก แต่ทนความร้อนได้สูงมาก สามารถทนความร้อนของวัสดุที่นำมาหล่อได้

การทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อพิมพ์ขนม

วิธีการดำเนินการ เช่นเดียวกับการทำพิมพ์ขึ้นสำหรับหล่อเครื่องแก้ว กล่าวคือ ออกแบบและปั้นขนม เป็นต้นแบบ แล้วใช้ปูนปลาสเตอร์มาทำเป็นแม่พิมพ์ ซึ่งส่วนมากจะเป็นพิมพ์ขึ้นเดียว

หรือ พิมพ์สองชิ้นประกบกัน เพราะขนมเป็นของอ่อนนุ่มแกะออกจากพิมพ์ได้ง่าย แล้วนำแม่พิมพ์ ปูนปลาสเตอร์ครั้งแรกนี้ไปเป็นรูปต้นแบบครั้งที่ 2 เพื่อทำแม่พิมพ์ และดำเนินการหล่อให้เป็น โลหะ โดยใช้เหล็กและทองเหลือง ให้มีรูปทรงเหมือนต้นแบบครั้งที่ 2 ก็จะได้แม่พิมพ์ขนมตาม ต้องการ

การหล่อรูป

การหล่อรูป (จิรพันธ์ สมประสงค์, 2533: 31) คือ การเอาสิ่งของ หรือวัสดุบางอย่างที่ทำให้ มีลักษณะเป็นของเหลวเสียก่อน เช่น ดิน ขี้ผึ้ง ปูนปลาสเตอร์ โลหะ สารเคมี ฯลฯ ใส่ลงไป ใน แม่พิมพ์ หรือแบบหล่อแล้วปล่อยให้วัสดุที่เป็นของเหลวอย่างใดอย่างหนึ่งดังกล่าว จับตัวแข็ง มี รูปทรงเป็นไปตามแบบหล่อบังคับ เมื่อทُبหรือถอดแบบหล่อออกมาแล้ว ก็จะได้รูปหล่อเหมือนกับ รูปต้นแบบ (original form) ซึ่งเป็นวิธีการสร้างรูปประติมากรรมให้ได้จำนวนเพิ่มขึ้นจากรูป ต้นแบบโดยไม่จำกัดจำนวนหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ต้องการจะเปลี่ยนสภาพรูปต้นแบบซึ่งสร้างด้วย วัสดุอ่อนไม่คงทน มีขี้ผึ้งหรือดินน้ำมันเป็นต้น ไปใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติดีกว่า เช่น ปูนปลาสเตอร์ ซีเมนต์ โลหะ ฯลฯ ซึ่งแข็งแรง คงทน เข้ามาแทนที่ซึ่งจะทำได้ด้วย “การหล่อ”

ชนิดของรูปต้นแบบที่ใช้ในการหล่องานประติมากรรม

1. การหล่อรูปลายเส้น และรูปปูนดำ ต้องใช้ไม้หรือดินน้ำมันกันขอบทุกด้านอย่าให้มีรอย ร้าว ให้สูงจากผิวแม่พิมพ์ที่หงายขึ้นเท่ากับความหนาของรูปที่จะหล่อ ซึ่งปกติจะหนาไม่เกิน 2 นิ้ว และส่วนมากมักจะหล่อตัน

2. การหล่อรูปนูนสูง โดยเทวัสดุลงในแม่พิมพ์ให้สูงขึ้นประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง $\frac{1}{3}$ นิ้ว ของ ความลึกแม่พิมพ์ โดยกลิ้งให้ขอบผิวชั้นแรกทั่วกัน โดยใช้พู่กันแยงเพื่อไล่ฟองอากาศ เมื่อขอบผิว แม่พิมพ์เสร็จแล้ว ให้ใช้วัสดุที่ใช้หล่อเดินขอบตรงฐานแม่พิมพ์โดยรอบแล้วค่อยฉาบผิวให้หนา เท่ากันโดยการปาดจากข้างล่างขึ้นข้างบน พยายามให้ขนานกับแม่พิมพ์นั้น เพื่อให้มีความหนา เท่ากันจะได้ไม่แตกหักง่าย รูปหล่อชนิดนี้ถ้ามีขนาดใหญ่ไม่นิยมหล่อตัน เพราะสิ้นเปลืองวัสดุใน การหล่อมาก

3. การหล่อรูปลอยตัวขนาดเล็ก โดยเทวัสดุสำหรับใช้หล่อลงไปแม่พิมพ์ให้สูงขึ้นมา ประมาณ $\frac{1}{2}$ ของความลึกของแม่พิมพ์ก่อน แล้วกลิ้งให้ขอบผิวแรกแม่พิมพ์ด้านในให้ทั่วกัน แล้วเท

ออกมาเป็นการไล่ฟองอากาศ แล้วผสมวัสดุเทกลับลงไปให้เต็ม โดยใช้ไม้แยง หรือจะเอาไม้ค้ำไว้ เพื่อเป็นแกนข้างในก็ได้ ทิ้งให้วัสดุที่ใช้หล่อแข็งตัวดีแล้ว จึงถอดแม่พิมพ์ออก

4. การหล่อรูปลอยตัวขนาดกลาง ให้หล่อบาง กลวง โดยเทวัสดุในการหล่อประมาณ $\frac{1}{2}$ ของความลึกของแม่พิมพ์ กลิ้งให้จับผิวแรกแม่พิมพ์ด้านในให้ทั่วกันจนแห้ง ไม่ต้องเทกลับออกมา เหมือนการหล่อรูปลอยตัวขนาดเล็ก ถ้าเห็นว่าบางก็เทวัสดุในการหล่อพิมพ์ซ้ำอีกจนได้ความหนาพอดี จนแห้งและแข็งดีแล้วจึงถอดพิมพ์

5. การหล่อรูปลอยตัวขนาดใหญ่ ให้หล่อบางที่ละซีก ใช้กับแม่พิมพ์ขึ้นที่มีพิมพ์ครอบทั้งสองข้าง จึงแบ่งมาทำที่ละซีกได้ โดยใช้วิธีการหล่ออย่างรูปนูนสูง แต่ไม่ต้องเดินขอบตรงฐาน ที่ขอบนี้ต้องปาดให้เฉียง 45 องศา แล้วนำมาประกบกันทั้งพิมพ์ครอบ ใช้วัสดุที่ใช้หล่อชนิดเดียวกัน หยอดตามแนวต่อต้านข้าง ตกแต่งให้เป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าแม่พิมพ์แต่ละซีกหนักเกินไป ไม่สามารถแยกมาประกบกันได้ ก็ต้องถอดแม่พิมพ์ออกก่อน ที่ขอบตรงฐานอย่าปาดให้บางเกินไป เวลาเอารูปหล่อทั้งสองชิ้นมาประกบกันต้องระวังอย่าให้ผิวของรูปหล่อเหลื่อมหรือเอียงกันได้ เพราะอาจทำให้เสียทรงไม่สวยงาม

วัสดุที่ใช้หล่อรูป

วัสดุที่ใช้ในการหล่อรูปขึ้นงานมีหลายชนิด ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานพอแยกได้ดังนี้ (ผดุงศักดิ์ ศิลากร, 2435: 30)

โลหะ (metal)

เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงคงทน และมีอายุการใช้งานได้นาน แต่มีราคาแพง อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในกระบวนการผลิต โลหะที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับหล่อ เช่น ทองเหลือง ทองแดง อลูมิเนียม บรอนซ์ ฯลฯ

ปูนปลาสเตอร์ (plaster of paris)

ปูนปลาสเตอร์นับว่าเป็นวัสดุที่ใช้ในการหล่อที่สะดวกมาก เนื่องจากคุณสมบัติการแข็งตัวที่เร็ว ส่วนผสมเพียงแค่น้ำสะอาดผสมในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่สะดวกและง่ายที่สุด

แต่ข้อเสียของปูนปลาสเตอร์คือ ไม่แข็งแรงคงทน แตกหักได้ง่าย เมื่อเก็บไว้นานๆ ปูนปลาสเตอร์จะเสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงเหมาะต่อการทำงานหุ่นจำลองประเภทชั่วคราวได้เหมาะสมที่สุด ทั้งในเรื่องคุณภาพและราคาค่อนข้างถูก

ยางซิลิโคน (silicone rubber)

เป็นวัสดุที่มีคุณภาพสูง สามารถทนต่อความร้อนได้มาก มีความยืดหยุ่นตัวดี มีการหดตัวน้อยมากเพียง 1% เท่านั้น ปัจจุบันได้มีการคิดค้นส่วนผสมเพื่อเพิ่มปริมาณ เพื่อนำมาเป็นวัสดุในการหล่อหุ่นจำลอง เนื่องจากคุณสมบัติคือมีความยืดหยุ่นตัวได้ดี แต่หุ่นจำลองโดยทั่วไปยังไม่นิยมเอายางซิลิโคนมาใช้ทำเป็นวัสดุในการหล่อ เนื่องจากมีราคาที่แพงมาก ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ

พลาสติกเหลวหรือเรซิน (resin)

เรซินหรือโพลีเอสเตอร์เรซินเป็นพลาสติกชนิดหนึ่ง ปกติจะอยู่ในรูปของเหลวข้นเหนียวเหมือนน้ำมันเครื่อง เรซินสามารถหล่อเป็นรูปต่างๆได้ตามแบบพิมพ์ โดยจะผสมกับเคมีบางอย่างเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัว แต่มีข้อเสียคือในขณะที่เป็นของเหลวเรซินจะมีกลิ่นที่ฉุนมาก เมื่อแข็งตัวแล้วจะมีความแข็งแรงมาก ไม่มีความยืดหยุ่น สามารถแตกหักได้ เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำหุ่นจำลองประเภทหุ่นตั้งแสดง

ยางพารา (rubber)

ยางพาราหรือยางธรรมชาติ คือวัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากของเหลวของพืชบางชนิด เช่นต้นยางพารา ซึ่งน้ำยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำมัน มีสมบัติเป็นคอลลอยด์อนุภาคเล็ก มีตัวกลางเป็นน้ำ เมื่อแข็งตัวยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูง ลักษณะเด่นอีกอย่างของยางพาราคือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางพารามีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ยางพาราเป็นวัตถุดิบที่สามารถผลิตได้เองในประเทศจึงมีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จากคุณสมบัติข้างต้นยางพาราจึงเหมาะสำหรับใช้ทำหุ่นจำลองที่ต้องการความอ่อนนุ่ม ความยืดหยุ่นสูง เช่น อวัยวะเทียม เป็นต้น

เอกสารความรู้เกี่ยวกับยางพารา

ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่า คาอูท์ชุก(Caoutchouc) แปลว่าต้นไม้ร้องไห้ จนถึงพ.ศ.2313 (1770) โจเซฟ ปริสตี จึงพบว่า ยางสามารถลบรอยคำของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสีย จึงเรียกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ(Rubber) ซึ่งเป็นคำเรียกยางเฉพาะในอังกฤษและฮอลแลนด์เท่านั้น ส่วนในประเทศยุโรปอื่นๆ ในสมัยนั้นล้วนเรียกยางว่าคาอูท์ชุกทั้งสิ้น จนถึงสมัยที่โลกได้มีการปลูกยางกันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้ นั้น จึงได้ค้นพบว่า พันธุ์ยางที่มีคุณภาพดีที่สุดคือยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าพันธุ์ Hevea ธรรมดา มาก จึงมีการปลูกและซื้อขายยางพันธุ์ดังกล่าวกันมาก และศูนย์กลางของการซื้อขายยางก็อยู่ที่เมืองท่าชื่อ พารา(Para) บนฝั่งแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ด้วยเหตุดังกล่าวยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ยางพารา และเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันแพร่หลายจนถึงทุกวันนี้

ยางมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่มีความสำคัญต่อมนุษย์คือ มีความยืดหยุ่น(Elastic) กันน้ำได้ เป็นฉนวนกันไฟได้ เก็บและพองลมได้ดี เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์จึงยังจะต้องพึ่งยางต่อไปอีกนาน แม้ในปัจจุบัน มนุษย์สามารถผลิตยางเทียมได้แล้วก็ตาม แต่คุณสมบัติบางอย่างของยางเทียมก็สู้ยางธรรมชาติไม่ได้ ในโลกนี้ยังมีพืชอีกมากมายหลายชนิดที่ให้น้ำยาง(Rubber Bearing Plant) ซึ่งอาจจะมิเป็นพันธุ์ ชนิดในทวีปต่างๆ ทั่วโลก แต่น้ำยางที่ได้จากต้นยางแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป บางชนิดก็ใช้ทำอะไร ไม่ได้เลย แต่ยางบางชนิดเช่น ยางกัตตาเปอร์ชาที่ได้จากต้นกัตตา(Guttar Tree) ใช้ทำยางสำเร็จรูปเช่น ยางรถยนต์ หรือรองเท้าไม่ได้แต่ใช้ทำสายไฟได้ หรือยางเยลตง และยางบาลาตา ที่ได้จากต้นยางชื่อเดียวกัน ถึงแม้จะมีความเหนียวของยาง(Natural Isomer of Rubber) อยู่บ้าง แต่ก็มิเพียงสูตรอนุ(Melecular Formula) เท่านั้นที่เหมือนกัน แต่โดยที่มี HighRasin Content จึงเหมาะที่จะใช้ทำหมวกฝั่มมากกว่ายางที่ได้จากต้น Achas Sapota ในอเมริกากลาง ซึ่งมีความเหนียวกว่ายางกัตตาเปอร์ชาและยางบาลาตามาก คนพื้นเมืองเรียกยางนี้ว่า ชิเคิล(Chicle) ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตหมวกฝั่มที่ทำมาจากยางชนิดนี้จึงตั้งชื่อหมวกฝั่มนั้นว่า Chiclets

โลกเพิ่งจะมีโอกาสรู้จักและใช้ประโยชน์จากยางเมื่อประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 15 นี้เอง ในขณะที่ คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส ผู้ค้นพบโลกใหม่เดินทางไปอเมริกาในครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2036 (1493) ก็ได้พบว่า มีชาวพื้นเมืองบางเผ่าทั้งในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ได้รู้จักและใช้ประโยชน์จากยางกันบ้างแล้ว เช่น ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางที่ทำรองเท้าจากยางโดยการใช้น้ำมันดินยางแล้วรองน้ำยางใส่ภาชนะ หลังจากนั้นจึงเอาเท้าจุ่มลงไปใต้น้ำยางนั้น หรือเอาเท้าวางไว้บนภาชนะแล้วเทน้ำยางราดลงบนเท้า ก็จะได้รองเท้าที่เข้ากับเท้าพอดี หรือบางเผ่าในอเมริกาใต้ทำ

เสื่อกันฝนและผ้ากันน้ำจากยาง หรือแผ่นยางในอเมริกาใต้ที่ทำลูกบอลด้วยยางแล้วนำมาเล่นโดยการให้กระเด็นขึ้นลงเพื่อเป็นการสักระเทพเจ้า จึงทำให้โคลัมบัสและคณะมีความแปลกใจเป็นอันมาก และคิดกันไปว่าในลูกกลมๆที่เด็นได้นั้นต้องมีตัวอะไรอยู่ข้างในเป็นแน่ หลังจากนั้นเมื่อโคลัมบัสเดินทางกลับยุโรปก็ได้้นำวัตถุประหลาดนั้นกลับไปด้วย โคลัมบัสจึงเป็นชาวยุโรปคนแรกที่ได้มีโอกาสสัมผัสยางและนำยางเข้าไปเผยแพร่ในยุโรป

การส่งยางเข้ามาในยุโรปในระยะแรกนั้นต้องใช้เวลานานมาก กว่าที่ยางจะเดินทางจากแหล่งกำเนิดจนมาถึงยุโรป ยางก็จะจับตัวกันเป็นก้อนเสียก่อน ดังนั้น ยางที่เข้ามาในยุโรปสมัยแรกๆ นั้น จึงเป็นยางที่ผลิตเป็นสินค้าแล้วเนื่องจากมนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีที่จะทำให้ยางที่จับตัวกันเป็นก้อน ให้ละลายและทำเป็นรูปทรงที่ต้องการได้อย่างไร การผลิตยางจึงต้องทำทันทีหลังจากได้น้ำยางมาก่อนที่ยางจะจับตัวกันเป็นก้อน ในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เช่นในประเทศเม็กซิโก ก็มีหลักฐานว่าได้มีการใช้ประโยชน์จากยางกันบ้างแล้ว แต่เป็นการผลิตอย่างง่ายๆเช่น ทำผ้ายางกันน้ำ ลูกบอล และเสื่อกันฝน เป็นต้น

การค้นพบกรรมวิธีในการทำให้ยางคงรูปได้นั้น นับได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก สำหรับวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในช่วงเวลานั้นมีการค้นพบและมีสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมากมายเช่น เจมส์ วัตต์ สร้างเครื่องจักรไอน้ำ โรเบิร์ต ฟูลตัน สร้างเครื่องจักรเรือไอน้ำ จอร์จ สตีเวนสัน สร้างหัวรถจักรไอน้ำ ไมเคิล ฟาราเด สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอส สร้างเครื่องส่งโทรเลข เป็นต้น แต่ความสำเร็จต่างๆ เหล่านั้นคงจะขาดความสมบูรณ์ไปมากถ้ายังขาดความรู้เรื่องการทำยางให้คงรูป เพราะยางที่คงรูปแล้ว(Vulcanised Rubber) จะช่วยเติมความไม่สมบูรณ์เหล่านั้นให้เต็มเช่น เป็นตัวห้ามล่อรถไฟ หรือทำสายไฟ และสายเคเบิลได้น้ำ เป็นต้น (องค์การสวนยาง, 2550)

ประวัติความเป็นมาของยางพาราในประเทศไทย

สถาบันวิจัยยาง (2545) ต้นยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่สมัยที่ยังใช้ชื่อว่า “สยาม” ประมาณกันว่าหลัง พ.ศ.2425 ซึ่งช่วงนั้นได้มีการขยายเมล็ดกล้ายางพารานำไปปลูกในประเทศต่างๆ ของทวีปเอเชีย และมีหลักฐานเด่นชัดว่า เมื่อปี พ.ศ.2442 พระยารัษฎาประดิษฐ์ มหิธรภักดี(คอซิมบี๊ ณ ระนอง) ผู้เป็นเหมือน “บิดาแห่งยาง” เป็นผู้ที่ได้นำต้นยางพารามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรังเป็นครั้งแรก

ความคิดที่จะนำขางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อ พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดีเดินทางไปดูงานในประเทศมลายู เห็นชาวมลายูปลูกขางกันมีผลดีมากก็เกิดความสนใจที่จะนำขางเข้ามาปลูกในประเทศไทยบ้าง แต่พันธุ์ขางสมัยนั้นฝรั่งซึ่งเป็นเจ้าของสวนขางหวงมาก ทำให้ไม่สามารถนำพันธุ์ขางกลับมาได้ในการเดินทางครั้งนั้น จนกระทั่ง พ.ศ. 2444 พระสถลสถานพิทักษ์(คอยู่เกียต ณ ระนอง) หลานชายพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี เดินทางไปที่ประเทศอินโดนีเซีย จึงมีโอกาสนำกล้ากลับมาได้ โดยเอากล้าขางมาหุ้มรากด้วยสำลีชุบน้ำ แล้วหุ้มทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกชั้นหนึ่งจึงบรรจุลงลังไม้จำฉา ใส่เรือกลไฟซึ่งเป็นเรือส่วนตัวของพระสถลฯ รีบเดินทางกลับประเทศไทยทันที

ขางที่นำมาครั้งนี้มีจำนวนถึง 4 ลังด้วยกันพระสถลสถานพิทักษ์ได้นำมาปลูกไว้ที่บริเวณหน้าบ้านพักที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ซึ่งปัจจุบันนี้ยังเหลือให้เห็นเป็นหลักฐานเพียงคันเดียว อยู่บริเวณหน้าสหกรณ์การเกษตรกันตัง และจากขางรุ่นแรกนี้ พระสถลสถานพิทักษ์ได้ขยายเนื้อที่ปลูกออกไปจนมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 45 ไร่ นับได้ว่า พระสถลสถานพิทักษ์ คือผู้เป็นเจ้าของสวนขางคนแรกของประเทศไทย

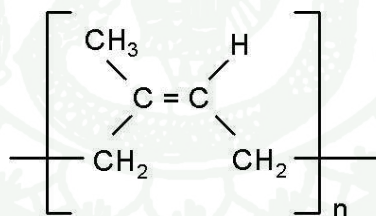
จากนั้น พระยารัษฎานุประดิษฐ์ ได้ส่งคนไปเรียนวิธีปลูกขางเพื่อมาสอนประชาชนนักเรียนของท่านที่ส่งไปก็ล้วนแต่เป็นเจ้าเมือง นายอำเภอ กำนัน และผู้ใหญ่บ้านทั้งสิ้น พร้อมกันนั้นท่านก็สั่งให้กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน นำพันธุ์ขางไปแจกจ่ายและส่งเสริมให้ราษฎรปลูกทั่วไป ซึ่งในยุคนั้นอาจกล่าวได้ว่าเป็นยุคตื่นขางและชาวบ้านเรียกขางพารานี้ว่า “ขางเทศา” ต่อมารายการได้นำเข้ามาปลูกเป็นสวนขางมากขึ้นและได้มีการขยายพื้นที่ปลูกขางไปในจังหวัดภาคใต้รวม 14 จังหวัด ตั้งแต่ชุมพรลงไปถึงจังหวัดที่ติดชายแดนประเทศมาเลเซีย จนถึงปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกขางทั้งประเทศประมาณ 12 ล้านไร่กระจายกันอยู่ในภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกขางใหม่ การพัฒนาอุตสาหกรรมขางของประเทศได้เจริญรุดหน้าเรื่อยมาจนทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกขางได้มากที่สุดในโลก ส่งออกขางจำหน่ายต่างประเทศได้เงินมหาศาล นอกจากนั้นโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศยังสามารถผลิตวัตถุดิบขางสำเร็จรูปขึ้นใช้ภายในประเทศได้เองเกือบทุกอย่างและยังส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศอีกด้วย เช่น ขางลบ ขางรัดของ รองเท้าขาง ขางรถยนต์ ถังมือขาง ตุ๊กตาและของเล่น ขางปูพื้น ขางสายพาน ท่อขางส่งน้ำ อะไหล่เครื่องยนต์กลไกต่างๆ ใช้ทำเส้นใยและกาว จึงกล่าวได้ว่าในปัจจุบันนี้ การทำสวนขางเป็นอาชีพสำคัญอาชีพหนึ่งของประเทศ เนื่องจากขางพาราเป็นวัตถุดิบที่โรงงานอุตสาหกรรมทั่วโลก ใช้ผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปได้มากมายเพื่อใช้ในการแพทย์ การวิทยาศาสตร์ การ

ก่อสร้าง การสื่อสาร การขนส่ง ตลอดจนของใช้ต่างๆภายในบ้าน และทุกประเทศต่างก็ต้องการใช้ยางเพื่อพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้นไป (องค์การสวนยาง, 2550)

โครงสร้างเคมีและส่วนประกอบน้ำยางพารา

น้ำยางที่กรี๊ดได้จากต้นจะเรียกว่าน้ำยางสด (field latex) น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 30-40 โดยมีอนุภาคยางเป็นเม็ดเล็กๆแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่าเซรัม(Serum) อนุภาคยางมีรูปร่างกลมหรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05-5 ไมครอน ความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร มีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.5-7.0 มีความหนืด 12-15 เซนติพอยส์

ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยย่อยชนิดเดียวที่ซ้ำๆกัน (Repeating Unit) เป็นจำนวนมาก มีสมบัติที่สำคัญคือความยืดหยุ่น โครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม C_5H_8 มีชื่อทางเคมีว่า ไอโซพรีน(Isoprene) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ CIS-configuration



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของยางพารา

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2545: 85)

เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น CIS-1,4-Polyisoprene มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณหนึ่งล้าน ฟิชที่ให้น้ำยาง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการค้าในรูปน้ำยาง คือยางพาราและยางวาชยูเล่ แต่ที่ใช้ประโยชน์เชิงการค้ามากคือยางพารา

ส่วนประกอบในน้ำยางสดแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35%
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65%
 - ส่วนที่เป็นน้ำ 55%
 - ส่วนของลูทอยด์ 10%

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม(Membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีอนุโมลของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคหรือมีการสะเทินอนุโมล จะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง เกิดการรวมตัวจับกันเป็นก้อน

น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยาง จะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางขณะกรี๊ดยางจะลงไปปนน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น โปรตีน น้ำตาล ฟอสโฟไลปิด โดยแบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลังจากแบคทีเรียกินสารอาหาร คือ จะเกิดการย่อยสลายได้เป็นก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เริ่มเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็น การที่มีกรดที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในน้ำยางเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงลดลง ดังนั้นน้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพ ซึ่งสังเกตได้จากน้ำยางจะค่อย ๆ หนืดขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนน้ำยางสูญเสียสภาพโดยน้ำยางจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นเซรุ่ม ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยางไมให้อนุภาคของเม็ดยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงมีการใส่สารเคมีลงไปปนน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยางให้คงสภาพเป็นของเหลว โดยสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางเรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ โพร์มาดีไฮด์ เป็นต้น เพื่อที่รักษาน้ำยางไม่ให้เสียสูญเสียสภาพ

การนำยางธรรมชาติไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแห้ง ในรูปแบบน้ำยางนั้นน้ำยางสดจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเนื้อยางขึ้นตอนหนึ่งก่อนด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือการใช้เครื่องเซนตริฟิวส์ ในขณะที่การเตรียมยางแห้งนั้นมักจะใช้วิธีการใส่กรดอะซิติกลงในน้ำยางสด การใส่กรดอะซิติกเจือจางลงในน้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการแยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำ ส่วนน้ำที่ปนอยู่ในยางจะถูกกำจัด

ออกไปโดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูกกลิ้ง วิธีการหลัก ๆ ที่จะทำให้อย่างแห้งสนิทมี 2 วิธีคือ การรมควันยาง และการทำยางเครพ แต่เนื่องจากยางผลิตได้มาจากเกษตรกรจากแหล่งที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการแบ่งชั้นของยางตามความบริสุทธิ์ของยางนั้น ๆ

รูปแบบของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะรูปแบบของยางดิบ ได้แก่

1. น้ำยาง

- น้ำยางสด
- น้ำยางข้น

2. ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางที่ได้จากการนำน้ำยางมาจับตัวเป็นแผ่นโดยสารเคมีที่ใช้จะต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนการทำให้แห้งอาจใช้วิธีการผึ่งลมในที่ร่มหรืออบในโรงอบก็ได้แต่ต้องปราศจากควัน

3. ยางแผ่นรมควัน

4. ยางเครพ

5. ยางแท่ง ก่อนปี 2508 ยางธรรมชาติที่ผลิตขึ้นมา ส่วนใหญ่จะผลิตในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางเครพ หรือน้ำยางข้น ซึ่งยางธรรมชาติเหล่านี้จะไม่มีการระบุมาตรฐานการจัดชั้นยางที่ชัดเจน ตามปกติจะใช้สายตาในการพิจารณาตัดสินชั้นยาง ต่อมาในปี 2508 สถาบันวิจัยยางมาเลเซีย (Rubber Research Institute of Malaysia) ได้มีการผลิตยางแท่งขึ้นเป็นแห่งแรก เพื่อเป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของยางธรรมชาติให้ได้มาตรฐาน เหมาะสมกับการใช้งาน จนทำให้ยางแท่งเป็นยางธรรมชาติชนิดแรกที่ผลิตมาโดยมีการควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐาน ตลอดจนมีการระบุคุณภาพของยางดิบที่ผลิตได้แน่นอน

6. ยางแท่งความหนืดคงที่ เป็นยางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมความหนืดของยางที่ใช้ในการแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมยางท่อ, อุตสาหกรรมทำกาว

7. ยางสกิม เป็นยางธรรมชาติที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิม (skim latex) ด้วยกรดแล้วนำยางที่ได้ไปทำการรีดแผ่นและทำให้แห้ง โดยน้ำยางสกิมเป็นน้ำส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้น ด้วยการนำน้ำยางสดมาทำการเซนตริฟิวส์ แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำ ซึ่งอนุภาคเม็ดยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่จึงแยกตัวออกไปเป็นน้ำยางข้น น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 60-63 ซึ่งน้ำยางสกิมคือส่วนที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไปแล้ว ก็ยังมีส่วนของเนื้อยางออกมาด้วย ซึ่งเป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็กๆ มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6

โครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนล้วน ทำให้มีสมบัติไม่ทนต่อน้ำมัน แต่เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ใน 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C_5H_8) มาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวแบบเส้นตรง ใน 1 หน่วยไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และหมู่แอลฟาเมทิลีนที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน และทำให้ยางทำปฏิกิริยาได้ง่ายด้วยออกซิเจนและโอโซน ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้นการออกสูตรยางจำเป็นจะต้องมีแอนติออกซิแดนท์และแอนตี้โอโซนเนทร่วมด้วย ยางธรรมชาติมีสายโซ่ที่เคลื่อนไหวหักงอไปมาได้ง่าย ทำให้ยางธรรมชาติคงสภาพยืดหยุ่นได้ดี มีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$ สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก สำหรับความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อเย็น การเกิดผลึกเนื่องจากการยึดตัวยังทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขัดถูสูงขึ้น ยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูง อยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลกว้างมาก ทำให้ยางแข็งเกินไปที่จะนำไปแปรรูปโดยตรง จะต้องมีการบดยาง ก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการบดยางโดยทั่วไปจะใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง

ยางธรรมชาติประเภทอื่นๆ(ปรับสภาพโครงสร้าง)

ยางอีเวียพลัส เอ็มจี(Heveaplus MG) ยางธรรมชาติที่มีการปรับสภาพโครงสร้างให้มีโครงสร้างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติกโดยโครงสร้างของยางเป็นสายโซ่หลัก (Backbone chain) และโครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาไครเลต (Polymethyl methacrylate) เป็นสายโซ่ที่มาต่อกับยางธรรมชาติ (Graft chain) เรียกว่า กราฟโคพอลิเมอร์

ยางธรรมชาติอีพอกไซด์(ENR) ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ เป็นยางที่นำยางธรรมชาติมาปรับโครงสร้างโดยใช้สารเคมีจำพวกกรดเปอร์ออกไซด์ (peroxy acid) ซึ่งยางจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มกว่ายางธรรมชาติปกติ ซึ่งสามารถเตรียมได้ทั้งชนิดน้ำยางและยางแห้ง โดยมีการผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ยางมีความเป็นขี้ผึ้งมากขึ้น สามารถทนต่อน้ำมันและตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ผึ้งได้มากขึ้น สามารถทนต่อโอโซน และการซึมผ่านของอากาศได้ดี เพราะพันธะคู่ในโครงสร้างยางธรรมชาติมีปริมาณน้อยลง อย่างไรก็ตามก็จะมีสมบัติบางประการที่ด้อยกว่ายางธรรมชาติ เช่น มีความยืดหยุ่นต่ำลง และหากนำไปวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน ยางจะไม่ทนต่อความร้อน ยาง ENR มักใช้ในอุตสาหกรรมกาว หรือสารยึดติด รองเท้า สี และยางรถยนต์ เป็นต้น

ยางผง(Powder Rubber) ยางผง เป็นยางที่ผลิตออกมาในลักษณะที่เป็นเม็ด เพื่อให้สะดวกในการใช้งานกล่าวคือสามารถใช้งานในลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่องได้และสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการบดหรือตัดยาง

ยางธรรมชาติสีกัดโปรตีน(DPNR) ยางธรรมชาติสีกัดโปรตีนเป็นยางที่มีการดัดแปลงสภาพของยาง เพื่อให้มีปริมาณโปรตีนในยางต่ำซึ่งจะเป็นการลดปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเถ้าในยาง เนื่องจากการที่ยางมีโปรตีนในยาง (ร้อยละ 1) ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์เร็ว สมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ไม่ดี ไม่สามารถนำมาใช้งานในด้านวิศวกรรมได้ เนื่องจากสมบัติความทนทานต่อแรงกดหรือแรงกระแทกต่ำ และอาจมีการเกิดอาการแพ้โปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสโดยตรง เช่น ถูมือ ทำให้มีความจำเป็นต้องลดปริมาณโปรตีนโดยการเตรียมน้ำยางที่มีโปรตีนต่ำก่อนนำไปทำผลิตภัณฑ์ หรือ ล้างน้ำหลาย ๆ ครั้ง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แยกโปรตีนด้วยการละลายน้ำได้

ยางไซโคลซ์(Cyclised Rubber) ยางที่ปรับสภาพโครงสร้างโมเลกุลของยาง โดยให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกันเองจนเป็นวง ทำให้มีสัดส่วนของพันธะที่ไม่อิ่มตัวลดลง ทำให้สมบัติยางเปลี่ยนไปและความแข็งแรงขึ้น

ยางเอสพี(SP Rubber) ยางเอสพีหมายถึงยางที่มีส่วนผสมของยางวัลคาไนซ์ เช่น ยางเอสพี 20 คือ ยางที่มีส่วนผสมของยางที่วัลคาไนซ์อยู่ 20 ส่วนในยาง 100 ส่วน เป็นต้น (วิกิพีเดีย: 2553)

น้ำยางที่ใช้สำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

น้ำยางแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ น้ำยางสดและน้ำยางข้น

น้ำยางสด เป็นสารที่มีชีวิตจะประกอบด้วย เนื้อยาง โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และเป็นน้ำส่วนใหญ่ น้ำยางสดมักเก็บไว้ได้ไม่นานก็จะเกิดการบูดซึ่งจะคล้าย ๆ กับน้ำมัน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปะปนในน้ำยางจะย่อยสลายสารอาหารเกิดเป็นกรดและจะบูดเน่าในที่สุด ปกติแล้วน้ำยางสดจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งเพียงร้อยละ 30-35 เท่านั้นจึงไม่แนะนำให้มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ เพราะความไม่สะดวกหลาย ๆ ประการ ดังนั้น น้ำยางสดจึงมักนำไปแปรรูปเป็นวัตถุดิบยางข้นขึ้นต้น เช่น น้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางแท่ง STR XL และยางแท่ง STR 5L เป็นต้น แล้วนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

น้ำยางข้น ได้จากการนำน้ำยางสดมาเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเนื้อยางและหางน้ำยางออกจากกัน ก็จะได้น้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งโดยเฉลี่ยร้อยละ 60 ดังนั้น น้ำยางข้นจึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยไปกว่ายางแห้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีปริมาณการส่งออกในรูปแบบน้ำยางข้น เป็นอันดับ 3 รองจากยางแผ่นรมควันและยางแท่งตามลำดับ และจากสถิติยางประเทศไทยปี 2546 พบว่า การนำน้ำยางข้นมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ภายใน ประเทศมีเพียงร้อยละ 19 เท่านั้น ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แก่ ถุงมือยาง ยางฟองน้ำ ยางยืด ตุ๊กตายาง ถุงยางอนามัย ห้วนม ยาง ลูกโป่ง เครื่องมือทางการแพทย์/วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ชนิดของน้ำยางข้น

น้ำยางข้นชนิดที่ผลิตในประเทศไทย เป็นน้ำยางข้นจากกรรมวิธีการใช้เครื่องปั่น (centrifuge – concentrated latex) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ

1. น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia, HA) เป็นน้ำยางข้นที่ใช้สารรักษาสภาพน้ำยางชนิดแอมโมเนีย 0.7% ร่วมกับกรดลอริก 0.035% น้ำยางชนิดนี้มีข้อดีคือมีอายุการเก็บน้ำยางได้นานเป็นปี ไม่เสียง่ายจึงมักนำไปผลิตถุงมือยาง กาวยาง ถุงยางอนามัย เป็นต้น ยกเว้นยางฟองน้ำ เนื่องจากแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยางจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดเจลหรือเกิดฟองในน้ำยางทำให้ได้ฟองน้ำที่ด้อยคุณภาพ

2. น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia, LA) เป็นน้ำยางชั้นที่ใช้สารรักษาสภาพน้ำยางชนิดแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับทีเอ็มทีดี 0.013% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ 0.013% ร่วมกับกรดลอริก 0.035% ศัพท์วิชาการยางพาราใช้กันว่า LA – TZ ย่อมาจาก Low Ammonia – Tetramethyl – thiuram disulphide/Zinc oxide

สำหรับน้ำยางชั้นที่ใช้ปริมาณแอมโมเนียน้อยรักษาสภาพ นอกจากการใช้สารช่วยกลุ่มทีเอ็มทีดี ซิงค์ออกไซด์ และกรดลอริกดังกล่าวข้างต้นแล้ว ผู้ผลิตน้ำยางชั้นประเภทอื่นๆ ได้มีการใช้สารช่วยกลุ่มอื่นๆ เช่น แซคคิซี ร่วมกับกรดลอริก หรือกรดบอริกร่วมกับกรดลอริกเป็นต้น

น้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ ส่วนใหญ่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตยางพองน้ำ แต่ทั้งนี้أيการเก็บของน้ำยางชนิดนี้จะสั้นกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียสูง

การผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางได้แก่

1. กระบวนการจุ่ม (Dipping) โดยการใช้แบบพิมพ์หรือชุบให้มีรูปร่างลักษณะตามผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำมาจุ่ม ในน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้เตรียมไว้แล้ว เพื่อให้ น้ำยางจับตัวเกาะที่ผิวของแบบพิมพ์ ทั้งนี้อาจจะใช้หรือไม่ใช้สารจับตัวเพื่อควบคุมความหนาบางได้ จากนั้นผ่านการล้างทำให้แห้ง โดยการทำให้สุกหรือที่เรียกว่าการวัลคาไนซ์ แล้วจึงถอดออกจากแบบพิมพ์ แบบพิมพ์ที่ใช้ อาจเป็นกระเบื้องเคลือบ กระเบื้องไม่เคลือบ แก้ว อะลูมิเนียม พีวีซี สแตนเลส ไม้และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น

ตัวอย่าง ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการจุ่มได้แก่ ถุงมือประเภทต่าง ๆ เช่น ถุงมือผ่าตัด ถุงมือใช้งานบ้าน ถุงมือตรวจโรค ถุงมืออุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีถุงนวดที่สวมเฉพาะนิ้ว สำหรับงานทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น

- ลูกโป่งทั่ว ๆ ไป
- ลูกโป่งใช้งานอุตสาหกรรม
- ถุงยางอนามัย

- จุกนมเด็ก
- ท่อยาง
- ท่อสวนปัสสาวะ (Estates)
- รองเท้าบูท
- อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น

เทคนิคที่สำคัญสำหรับกระบวนการจุ่ม

ในกระบวนการจุ่มถ้าหากแบบพิมพ์ไม่สะอาดหรือมีสิ่งสกปรกติดค้างอยู่บนแบบพิมพ์จะ
ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิบริเวณดังกล่าว บางครั้งจะเกิดรอยร้าว หรือมีความหนาบางไม่สม่ำเสมอ
ดังนั้นก่อนที่จะทำการจุ่มแบบพิมพ์จะต้องล้างแบบพิมพ์ให้สะอาด เสียก่อน ในระดับอุตสาหกรรม
โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตถุงมือยางมักใช้กรดเข้มข้นล้าง เพื่อขจัดสิ่งสกปรกหรือคราบ
ต่างๆ รวมทั้งสิ่งปนเปื้อนที่ติดค้างอยู่บนแบบพิมพ์ออกให้หมด แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด บางโรงงาน
จะล้างน้ำค้างอีกครั้งเพื่อให้ผิวของแบบพิมพ์เป็นกลางและให้แบบพิมพ์มีความสะอาดมากยิ่งขึ้น
แล้วตามด้วยน้ำสะอาด เป่าแบบพิมพ์ ให้แห้งโดยใช้ลมร้อน เพื่อไม่ให้น้ำเกาะติดที่ผิว

จากนั้นจุ่มแบบพิมพ์ลงในสารช่วยจับตัว ทำให้สารช่วยจับตัวแห้งพอหมาด แล้วจุ่มลงใน
น้ำยางผสมสารเคมี โดยใช้ความเร็วที่เหมาะสม เพราะการจุ่มเร็วเกินไปทำให้ผิวหน้าของฟิล์มยางที่
ติดแบบพิมพ์ไม่เรียบ

ยกพิมพ์ขึ้นจากน้ำยางช้า ๆ ทำให้ฟิล์มยางเกาะที่แบบพิมพ์แห้ง จากนั้นล้างน้ำอุ่นเพื่อชะ
ล้างสารตกค้าง และเพื่อให้ฟิล์มยางแข็งแรง นำไปอบแล้วจุ่มลงในน้ำแข็ง ซึ่งเป็นส่วนผสมของแข็ง
ข้าวโพด จากนั้นทำให้ฟิล์มยางคงรูป โดยการอบให้แห้งแล้วถอดออกจากแบบพิมพ์

2. กระบวนการหล่อเป่า (Casting)

2.1 การหล่อโดยใช้เป่าปูนปลาสเตอร์ เริ่มจากกระบวนการหล่อเป่าพิมพ์

2.1.1 การเลือกแบบที่ต้องการ เช่น ตุ๊กตาที่ทำด้วยพลาสติก ยาง หรือเซรามิก
จากนั้นเลือกกรอบอะลูมิเนียม/สังกะสีหรือเศษไม้แผ่นเรียบ เป็นต้น โดยมีขนาดใหญ่กว่าแม่แบบ
ประมาณเกือบเท่าตัว

2.1.2 เตรียมปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1.5 : 1 เทลงในกรอบครึ่งหนึ่งของความสูงของกรอบอะลูมิเนียม เมื่อปูนเริ่มจับตัวนำแบบที่แห้งและสะอาดวางตรงกลางในแนวนอน

2.1.3 กดให้แม่แบบจมลงในปูนประมาณครึ่งหนึ่งของแม่แบบจนปูนแข็งตัว

2.1.4 ทาสารหล่อลื่นให้ทั่วปูนแล้วผสมปูนกับน้ำอีกส่วนหนึ่ง เทลงแม่แบบจนเต็มกรอบอะลูมิเนียม ทิ้งปูนให้แห้งและแข็ง นำไปอบเพื่อให้ปูนแห้งจริง ๆ

2.1.5 แกะเบ้าปูนปลาสเตอร์ให้แยกออกจากกันและนำเอาแม่แบบออกจากเบ้าปูน เจารูด้านตรงข้ามอีกซี่กหนึ่งจะได้รูสำหรับกรอกน้ำยาง

2.1.6 เทน้ำยางผสมสารเคมีลงในเบ้าพิมพ์ทิ้งให้น้ำยางจับยังด้านในของแม่พิมพ์ ตามความหนาที่ต้องการปล่อยให้แห้งแล้วจึงลอกยางออกจากแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีผิวด้านนอกเหมือนกับแม่พิมพ์ทุกประการเพียงแต่ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กกว่าแม่พิมพ์เล็กน้อย และสามารถที่จะได้ผลิตภัณฑ์ ที่มีรายละเอียดเว้านูนหรือแหลมคมได้

2.2 การหล่อโดยใช้เบ้าโลหะ

การผลิตยางหล่อเบ้าโลหะ โดยใช้เบ้าที่ทำจากโลหะเบ้าโลหะมักทำจากอะลูมิเนียม ซึ่งต้องไม่เจอปนธาตุทองแดง และโคบอลต์ เพราะธาตุเหล่านี้จะทำให้สียางเปลี่ยนแปลงได้ และยังเป็นตัวทำให้ยางเสื่อมด้วย

ความหนาของเบ้าโลหะในส่วนต่างๆ ของตัวเบ้าจะต้องสัมพันธ์กับความหนาของส่วนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ด้วย เพราะการหล่อโดยใช้เบ้าโลหะอาศัยหลักการที่ใช้น้ำยางผสมซึ่งมีส่วนของสารที่ไวต่อความร้อน ซึ่งจำนวนเนื้อยางที่จะจับเข้าในส่วนต่างๆ ของเบ้าจะขึ้นอยู่กับความจุความร้อนของเบ้า ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาสม่ำเสมอทั้งชิ้นก็ต้องทำเบ้าโลหะให้หนาสม่ำเสมอทั่วทั้งเบ้าด้วย แต่ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาไม่เท่ากันในทุกส่วนเบ้าก็จะหนาไม่เท่ากันตามไปด้วย ส่วนของเบ้าที่หนาจะมีความจุความร้อนมากกว่า และเป็นส่วนที่ยางจับได้หนากว่าด้วย

ขั้นตอนการทำยางหล่อเบ้าชนิดที่ทำจากโลหะ

1. กรองน้ำยางผสมสารเคมีตั้งให้ฟองลอยและช้อนออก ทำความสะอาดเบ้าพิมพ์
 2. กรอกรน้ำยางลงเบ้าที่อุ่น 60-70 องศาเซลเซียส พยายามอย่าให้เป็นฟอง
 3. ตั้งเบ้าที่กรอกรน้ำยางแล้วไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ยางเกาะผิวเบ้าพิมพ์ ระยะเวลาที่ตั้งเบ้าพิมพ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยทั่วไปใช้เวลา 5-20 นาที
 4. เทน้ำยางที่เกินพอและยังไม่เป็นเจลออกจากเบ้าพิมพ์ นำเบ้าพิมพ์ไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งยางแห้งพอ จึงแกะยางออกจากเบ้าพิมพ์
 5. ล้างยางด้วยน้ำเย็นที่ไหลเพื่อสกัดเอาสารที่ละลายน้ำได้ออกจากยาง ซึ่งจะช่วยให้ยางไม่เหนียวเหนอะหนะ
 6. อบผลิตภัณฑ์ยางหล่อที่ได้ในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ยางจะหดตัวบ้างในขณะอบแห้ง
- การหล่อยางโดยใช้เบ้าโลหะเหมาะกับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนา 2-3 มม. ถ้าทำผลิตภัณฑ์หนามากกว่านี้ต้องใช้เวลาอบแห้งนานมากขึ้น

เอกสารความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ความรู้เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

1. ชนิดของไฟฟ้า

ชนิดของไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

- ไฟฟ้าสถิต
- ไฟฟ้ากระแส

ไฟฟ้าสถิต คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากกลุ่มของประจุไฟฟ้าที่สามารถแสดงอำนาจทางไฟฟ้าออกมาได้ เช่น สามารถดูดเศษวัสดุเล็กๆ ได้ ไฟฟ้าสถิตสามารถเกิดได้จากการขัดถูของวัสดุ

ไฟฟ้ากระแส คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากกลุ่มของประจุไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามตัวนำไฟฟ้าได้และเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกได้เป็นสองชนิดคือ

- ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)
- ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.)

ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) คือไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางเดียว มีขั้วแน่นอน ไฟฟ้ากระแสตรงได้แก่ แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย

ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternate Current) คือไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งสองทิศทาง ทั้งทางบวกและทางลบ ไม่มีขั้วแน่นอน ไฟฟ้ากระแสสลับได้แก่ ไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไดนาโม

2. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแส

ไฟฟ้ามีแหล่งกำเนิดจากหลายแห่งดังนี้

- อาศัยหลักการหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ได้แก่ ไดนาโม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(Generetor)

- ไฟฟ้าเกิดจากปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย เซลล์ไฟฟ้าอื่นๆ
- การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ โซลาร์เซลล์

3. ตัวนำและฉนวนไฟฟ้า

ตัวนำไฟฟ้า(Conductor)

ตัวนำไฟฟ้า คือ วัสดุสารต่างๆที่สามารถยินยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยง่าย เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว เงิน ฯลฯ หรือได้แก่โลหะชนิดต่างๆนั่นเอง ซึ่งวัสดุสารเหล่านี้จะสามารถให้อิเล็กตรอนอิสระได้ง่ายและจำนวนมาก ทำให้สารเหล่านี้มีค่าความต้านทานน้อยมาก

ตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ได้แก่ เงิน ทองแดง อลูมิเนียม ตามลำดับ แต่ในการผลิตสายไฟฟ้านั้น จะไม่นำเงินมาทำเป็นตัวนำเนื่องจากมีราคาแพงมากและมักจะใช้ทองแดงมาทำการผลิตแทน ส่วนสายส่งแรงสูงที่มีระยะการส่งไกลๆก็จะใช้อลูมิเนียมเนื่องจากมีน้ำหนักเบา

ฉนวนไฟฟ้า(Insulator)

ฉนวนไฟฟ้า คือ วัสดุสารที่ไม่ยินยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยง่าย เนื่องจากให้อิเล็กตรอนอิสระได้ยากมากๆ และค่าความต้านทานของฉนวนไฟฟ้าจะมีค่าสูงมากๆ ได้แก่ พลาสติก ไม้แห้ง คลัง กระชก กระดาษ ถุงมือหนัง เทปพันสายไฟ น้ำบริสุทธิ์(H_2O) เป็นต้น

ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance)

ในสารทุกชนิดจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในเสมอ ตามคุณสมบัติของสารชนิดนั้นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนที่มีอยู่ภายในของสารชนิดนั้นๆด้วยเช่นกัน ในสารชนิดต่างๆสามารถพิจารณาหาค่าความต้านทานได้ดังนี้

$R = \rho L/A$ เมื่อ R คือค่าความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม(Ω)

P คือค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (โอห์ม-เมตร) $\Omega\cdot m$

L คือความยาวเป็น เมตร (m)

A คือ พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

4. ค่าและหน่วยทางไฟฟ้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าและหน่วยทางไฟฟ้า

ค่าทางไฟฟ้า	หน่วย
1. แรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)(Electromotive force)	โวลต์(Volt),V
2. กระแสไฟฟ้า (I)(Electric current)	แอมแปร์(Ampere),A
3. ความต้านทานไฟฟ้า (R)(Resistance)	โอห์ม(Ohm), Ω
4. กำลังไฟฟ้า (P)(Electric power)	วัตต์(Watt),W

ที่มา : โรงเรียนฝึกอາชีพกรุงเทพมหานคร (2550)

5. วงจรไฟฟ้าต่างๆ

5.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เป็นการต่อวงจรแบบอันดับหรือเรียงต่อกันไปเรื่อยๆ (ทางต่อหัว) มีคุณสมบัติทางไฟฟ้างดังนี้

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายในวงจรจะมีค่าเท่ากันโดยตลอด

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดแต่ละตัวจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นอยู่กับโหลด แต่เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

5.2 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน เป็นวงจรไฟฟ้าที่นำโหลดมาต่อพ่วงกัน (หัวต่อหัว หาวต่อหาง) มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าดังนี้

- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นอยู่กับโหลด แต่เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

- แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจะมีค่าเท่ากันโดยตลอด และจะเท่ากับแหล่งจ่าย

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

5.3 วงจรไฟฟ้าแบบผสม เป็นวงจรไฟฟ้าที่มีทั้งวงจรอนุกรมและวงจรขนานรวมอยู่ในวงจรเดียวกัน และคุณสมบัติทางไฟฟ้าก็ให้พิจารณาเป็นส่วนตัวจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่

6. อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยอย่างน้อย 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้า และ โหลดไฟฟ้า และนอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริมในวงจรเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบวงจร ที่สำคัญมากอย่างหนึ่งก็คือเรื่องของความปลอดภัยของวงจร หรือความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้ไฟฟ้า เรียกอุปกรณ์นี้ว่า อุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้า ซึ่งมีด้วยกันหลายชนิด แต่ที่มีอยู่และเห็นกันทั่วไปมีดังนี้

- ฟิวส์ชนิดต่างๆ

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร, 2550)

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษาอย่างง่ายมาเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของหุ่นจำลอง เพื่อให้หุ่นจำลองสามารถแสดงผลได้ทั้งแสงและเสียงในเวลาเดียวกัน

เอกสารความรู้เกี่ยวกับการผสมเทียม

ความหมายและความเป็นมาของการผสมเทียมโค

การผสมเทียมโค คือการผสมพันธุ์แบบวิทยาศาสตร์ โดยการเก็บน้ำเชื้อจากโคตัวผู้ หรือโคพ่อพันธุ์ที่คัดเลือกแล้วว่ามีลักษณะการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเยี่ยม แล้วนำไปฉีดผสมเข้าไปในอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โคที่กำลังเป็นสัด เพื่อให้แม่โคนั้นตั้งท้องและมีลูกตามปกติ โดยไม่ต้องใช้โคพ่อพันธุ์ขึ้นทับหรือผสมกับแม่โคตามธรรมชาติ (วิเศษ โยกมา, 2549:20)

ประวัติของการผสมเทียม (วิเศษ โยกมา, 2549:16-19)

มนุษย์เรารู้จักการผสมเทียมมาเป็นเวลานานแล้ว โดยชาวอาหรับเป็นชาติแรกที่เป็นผู้ริเริ่มวิธีการผสมเทียมขึ้นเมื่อประมาณ 600 ปีก่อน ด้วยการนำฟองน้ำไปใส่ในช่องคลอดของแม่ม้าตัวหนึ่ง หลังจากแม่ม้าตัวนั้นได้รับการผสมพันธุ์จากพ่อม้าพันธุ์ดี จึงนำฟองน้ำที่สอดเข้าไปนั้นออก แล้วนำไปใส่ไว้ในช่องคลอดของแม่ม้าอีกตัวหนึ่งที่กำลังเป็นสัด แต่ไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่าแม่ม้าตัวนั้นตั้งท้องและคลอดลูกหรือไม่ อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวก็ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการผสมเทียม

ต่อมาจนกระทั่งในปี พ.ศ.2323 นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อ สปอลแลนซานิ (Lazarro Spallanzani) ได้ประสบความสำเร็จในการผสมเทียมสุนัข นอกจากนั้นเขายังค้นพบอีกว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการผสมติดก็คือตัวอสุจิที่มีอยู่ในน้ำเชื้อของสัตว์ตัวผู้นั่นเอง และอีกอย่างที่เขาค้นพบซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนางานผสมเทียมก็คือ ถ้าทำให้น้ำเชื้อเย็นลงจะสามารถทำให้อสุจิมีชีวิตยืนยาวขึ้นไปอีก เพราะความเย็นทำให้อสุจิหยุดการเคลื่อนไหวและพักตัวอยู่เฉยๆ และเมื่อทำให้น้ำเชื้ออุ่นขึ้นตัวอสุจิก็จะเคลื่อนไหวได้ตามปกติ แต่การผสมเทียมเพิ่งได้นำมาใช้ประโยชน์กับสัตว์เลี้ยงอย่างจริงจังหลังจากปี พ.ศ.2462 โดยศาสตราจารย์ชาวรัสเซียชื่อ ไอวานอฟ (E. I. Ivanoff) ได้ประสบความสำเร็จในการผสมเทียมม้า ต่อมาในปี พ.ศ.2471 เขาได้ผสมเทียมในแกะและโคได้รับผลสำเร็จอีก หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การผสมเทียมจึงได้มีการกระจายแพร่หลายไปทั่วโลก โดยเฉพาะในโคได้มีการพัฒนาเจริญรุดหน้าไปไกลกว่าในสัตว์เลี้ยงอื่นๆ มาก นอกจากนั้นยังได้มีการผสมเทียมในสุกร เป็น ไก่ ไก่วง และกระบือเพิ่มขึ้นมาอีก โดยในระยะแรกได้มีการใช้น้ำเชื้อสดในการผสมเทียม ต่อมาในปี พ.ศ.2495 โพลล์และรอตัน (C.P. Polge & L.E.A. Rowson) ชาวอังกฤษได้ค้นพบวิธีการทำน้ำเชื้อแช่แข็ง โดยการนำน้ำเชื้อมาผ่านกรรมวิธีให้เย็นจัดจนแข็งตัวแต่

ตัวเชื้อยังมีชีวิตอยู่ แล้วเก็บไว้ในไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิ ลบ 196 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเก็บน้ำเชื้อไว้ได้นานหลายปี และนำไปใช้ในสถานที่ห่างไกลได้ทั่วโลก

สำหรับการผสมเทียมในประเทศไทยได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2499 โดยได้ตั้งสถานีสผสมเทียมขึ้นที่เชียงใหม่เป็นแห่งแรก อยู่ในการดูแลควบคุมของหน่วยงานผสมเทียม กรมปศุสัตว์ และได้เริ่มผสมเทียมโคนมตัวแรกเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2499 ในปีต่อมาสถานีสผสมเทียมกรุงเทพฯ ก็ได้เปิดดำเนินการเป็นแห่งที่สอง จากนั้นมางานผสมเทียมได้รับผลสำเร็จอย่างยิ่งและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมอย่างแพร่หลาย ในปี พ.ศ.2502 จึงได้จัดตั้งสถานีสผสมเทียมขึ้นเป็นแห่งที่สามที่ตำบลหนองโพ อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี และในปี พ.ศ.2504 ได้จัดตั้งสถานีสผสมเทียมขึ้นอีกสามแห่ง คือ ที่จังหวัดนครปฐม เพชรบุรี และเชียงราย เพื่อให้พอเพียงกับความต้องการของเกษตรกร จนถึงปัจจุบันมีสถานีสผสมเทียมที่เปิดดำเนินการแล้วเกินกว่า 100 แห่ง ซึ่งก่อให้เกิดแหล่งอุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมที่สำคัญหลายแห่งในประเทศ เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ ราชบุรี นครปฐม พระนครศรีอยุธยา เพชรบุรี สระบุรี และประจวบคีรีขันธ์ นอกจากการผสมเทียมโคนมแล้ว กรมปศุสัตว์ยังได้เปิดดำเนินการผสมเทียมในสุกรในปี พ.ศ.2504 ผสมเทียมโคเนื้อในปี พ.ศ.2517 และผสมเทียมกระบือในปี พ.ศ.2521 อีกด้วย

งานผสมเทียมได้เจริญก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ โดยเฉพาะการผสมเทียมโคนมและโคเนื้อได้เจริญรุดหน้าไปไกลมาก ในปี พ.ศ.2516 หน่วยผสมเทียมกรมปศุสัตว์ได้ยกฐานะเป็นกองผสมเทียม ต่อมาในปี พ.ศ.2517 กรมปศุสัตว์ได้จัดตั้งศูนย์ผสมเทียมอันทนสมัยขึ้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยได้รับความช่วยเหลือจากรัฐบาลประเทศเนเธอร์แลนด์ ศูนย์ผสมเทียมแห่งนี้เป็นศูนย์ผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งโค,กระบือ สำหรับใช้ในการผสมเทียมทั่วประเทศ

ฟาร์มโคนมไทย-เดนมาร์กก็ได้บริการผสมเทียมโคนมให้แก่สมาชิกทั้งหมดเป็นเวลาดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ.2505 เป็นต้นมา และฟาร์มโคนม โคเนื้อขนาดใหญ่หลายแห่งก็ได้นำน้ำเชื้อแช่แข็งจากต่างประเทศเข้ามาใช้เพิ่มผลผลิตและปรับปรุงพันธุ์โคในฟาร์มมาเป็นเวลาหลายปีแล้วเช่นกัน

หลักการผสมเทียมโค (วิเศษ โยกมา, 2549:20-21)

การผสมเทียมโคคือการผสมพันธุ์แบบวิทยาศาสตร์ โดยการรีดเก็บน้ำเชื้อจากโคตัวผู้หรือโคพ่อพันธุ์ที่คัดเลือกแล้วว่ามียีนลักษณะการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพเยี่ยม แล้วนำไปฉีดผสมเข้าไปในอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โคที่กำลังเป็นสัด เพื่อให้แม่โคนั้นตั้งท้องและมีลูกตามปกติ โดยไม่ต้องใช้โคพ่อพันธุ์ขึ้นทับหรือผสมกับแม่โคตามธรรมชาติ ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการผสมเทียมจะต้องใช้คนทำหน้าที่แทนพ่อโคทั้งหมด นับตั้งแต่การรีดเก็บน้ำเชื้อ การตรวจคุณภาพน้ำเชื้อ การเจือจางน้ำเชื้อ การเก็บรักษาน้ำเชื้อ ตลอดจนการนำน้ำเชื้อไปฉีดผสมให้แม่โคที่กำลังเป็นสัดในระยะที่มีความเหมาะสม เพื่อให้แม่โคตั้งท้องและคลอดลูกออกอย่างสมบูรณ์

ดังนั้นผู้ที่ทำการผสมเทียมจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในงานนี้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นเรื่องระบบสืบพันธุ์ของโคเพศผู้และเพศเมีย รู้จักและชำนาญในการใช้อุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผสมเทียม รู้จักวิธีการรีดน้ำเชื้อและเลือกใช้น้ำเชื้อจากพ่อโคพันธุ์ที่เหมาะสม และมีเทคนิคในการผสมเทียมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ในปัจจุบันการผสมเทียมโคนิยมใช้น้ำเชื้อแช่แข็งชนิดหลอดฟาง(บรรจุในหลอดพลาสติก 0.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่ผลิตขึ้นโดยกรมปศุสัตว์, กรป. กลาง หรือสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งพ่อพันธุ์เหล่านี้ได้มีการทดสอบจนเป็นที่ยอมรับแล้ว เกษตรกรผู้เลี้ยงโคที่ต้องการผสมเทียมด้วยตัวเองจึงไม่จำเป็นต้องผลิตน้ำเชื้อขึ้นใช้เอง เพียงแต่รู้จักการเลือกใช้น้ำเชื้อแช่แข็งให้ถูกต้องเหมาะสม มีการเก็บรักษาที่ถูกต้องวิธี และฝึกปฏิบัติการฉีดน้ำเชื้อแก่แม่โคให้มีการผสมติดอยู่ในเกณฑ์ที่นับว่าเพียงพอแล้ว

ประโยชน์ของการผสมเทียมโค (วิเศษ โยกมา, 2549:11-15)

ในสภาพการเลี้ยงโคในปัจจุบัน พ่อพันธุ์ที่ดีเลิศ พ่อพันธุ์ที่พิสูจน์แล้วว่าให้ลูกที่มีลักษณะดีและโตเร็ว ราคาพ่อพันธุ์เหล่านี้จะแพงมาก หากที่จะมีไว้ในครอบครองเองได้ จึงต้องใช้เฉพาะน้ำเชื้อผสมเทียม ข้อดีของการผสมเทียมอีกหลายอย่างก็คือ

1. ใช้ในการผสมเพื่อปรับปรุงพันธุ์โคให้ดีขึ้น ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์โคของเกษตรกร โดยใช้น้ำเชื้อจากโคพ่อพันธุ์สายเลือดดี ผสมกับแม่พันธุ์พื้นเมืองเพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีสายเลือดดีขึ้น

2. ทำให้การปรับปรุงพันธุ์โคเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว การรีดน้ำเชื้อจากโคพ่อพันธุ์สายเลือดดีแต่ละครั้งสามารถนำน้ำเชื้อไปเจือจางผสมให้กับแม่โคได้หลายร้อยตัวโดยวิธีการผสมเทียม ซึ่งย่อมดีกว่าการนำพ่อโคไปผสมจริงๆ เพราะในปีหนึ่งๆ พ่อโคหนึ่งตัวสามารถผสมกับแม่โคได้ไม่ถึงร้อยตัว แต่ถ้าใช้วิธีผสมเทียมจะสามารถผสมได้หลายหมื่นหลายแสนตัว ทำให้ได้ลูกผสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อหาและเลี้ยงดูพ่อพันธุ์เนื่องจากโคพ่อพันธุ์ที่ดีเยี่ยมจริงๆ และเป็นที่ยอมรับนั้นมีราคาแพงมาก เกษตรกรไม่สามารถซื้อหามาเป็นพ่อพันธุ์ได้ แต่ถ้าใช้วิธีการผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ดังกล่าวจะเป็นการประหยัดมากกว่า อีกทั้งไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงดู ตลอดจนค่าขนส่งพ่อพันธุ์

4. สามารถผสมพันธุ์โคที่มีรูปร่างต่างขนาดกันได้ เช่น พ่อพันธุ์ต่างประเทศที่มีรูปร่างใหญ่ จะผสมกับแม่โคพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีขนาดเล็กกว่ามาก ถ้าผสมแบบธรรมชาติมักเป็นอันตรายต่อแม่โคเพราะรับน้ำหนักพ่อโคไม่ไหว เช่น เกิดการหลังหัก ขาเบะ หรือไม่มีทางผสมพันธุ์ได้ แต่วิธีการผสมเทียมมีวิธีการรีดเก็บน้ำเชื้อจากโคพ่อพันธุ์ แล้วจึงใช้เครื่องมือฉีดน้ำเชื้อนั้นเข้าไปในอวัยวะสืบพันธุ์แม่โค จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว

5. ป้องกันโรคติดต่อที่เกิดจากการผสมพันธุ์ เช่น โรคแท้ง ติดต่อเนื่องจากโคพ่อพันธุ์จะติดโรคจากตัวเมียที่กำลังเป็นโรคแล้วนำไปแพร่แก่ตัวเมียอื่นในการผสมแบบธรรมชาติ แต่พ่อพันธุ์ที่ใช้รีดน้ำเชื้อในการผสมเทียมจะปลอดจากโรคติดต่อทุกชนิด นอกจากนี้การรีดเก็บน้ำเชื้อและการฉีดน้ำเชื้อยังปฏิบัติตามกรรมวิธีที่ถูกต้อง สะอาด ปราศจากเชื้อโรค ดังนั้นการผสมเทียมจึงสามารถป้องกันและควบคุมโรคติดต่อทางระบบสืบพันธุ์ได้เป็นอย่างดี

6. ป้องกันโรคระบาดที่มาจากการเคลื่อนย้ายสัตว์ เช่น โรคปากและเท้าเปื่อย ซึ่งเป็นโรคระบาดสำคัญของโคที่มีสาเหตุมาจากการเคลื่อนย้าย หรือสัตว์อื่นที่เป็นโรค ในการผสมเทียมไม่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายพ่อโคหรือแม่โคไปผสมพันธุ์ จึงเกิดประโยชน์ในการป้องกันโรคดังกล่าวได้

7. แก้ปัญหาการผสมติดยากในแม่โคที่มีอวัยวะสืบพันธุ์ผิดปกติ เช่น แม่โคที่มีมดลูกติดตัน การล้วงตรวจอวัยวะภายในในขณะที่ผสมเทียมจะทำให้ทราบลักษณะที่ผิดปกติเหล่านี้และสามารถใช้เครื่องมือผสมเทียมช่วยให้ผสมติดได้

8. สามารถบังคับให้แม่โคตกลูกตามฤดูกาลหรือในเวลาที่กำหนดเอาไว้ได้ โดยเลือกระยะเวลาผสมเทียมให้เหมาะสม หรือใช้สารบางชนิดควบคุมการเป็นสัดให้แม่โคเป็นสัดพร้อมกัน แล้วฉีดน้ำเชื้อผสมพร้อมๆ กัน แม่โคจะตกลูกออกมาในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการจัดการ การเลี้ยงดู และลดอัตราการตายของลูกโคที่เกิดมา

9. สามารถควบคุมการผสมพันธุ์ระหว่างเครือญาติ หรือการผสมเลือดชิดได้ เพราะสามารถเลือกโคพ่อพันธุ์ได้มากมายหลายตัว ซึ่งโคพ่อพันธุ์เหล่านั้นไม่ได้เป็นเครือญาติกันมาก่อน

10. ย่นเวลาในการพิสูจน์พ่อพันธุ์ เนื่องจากโคพ่อพันธุ์ที่จะนำมาฉีดเก็บน้ำเชื้อเพื่อใช้ในการผสมเทียม หรือใช้คุมฝูงเพื่อการผสมตามธรรมชาติก็ตาม นอกจากจะมาจากสายเลือดที่ดีแล้ว ยังจะต้องถ่ายทอดลักษณะที่ดีให้แก่ลูกหลานอีกด้วย ดังนั้นการที่จะพิสูจน์ว่าพ่อโคตัวไหนดีหรือไม่ จะต้องดูจากลูกที่เกิดมา การผสมเทียมทำให้เกิดลูกจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น จึงทำให้ทราบผลพิสูจน์พ่อพันธุ์ได้เร็ว

11. ช่วยในการศึกษาค้นคว้าทางพันธุกรรม เช่น การผสมโคข้ามพันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมพันธุ์ใหม่ให้มีลักษณะตามต้องการ

12. ทำให้สามารถควบคุมทะเบียนโคแต่ละตัวได้ว่ามีประวัติทางสายพันธุ์เป็นมาอย่างไร ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการจัดการด้านต่างๆ เช่น การคัดเลือกโคทดแทนฝูง การคัดทิ้ง และการพิสูจน์พ่อแม่พันธุ์

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการผสมเทียมจะมีประโยชน์มากมายต่อกิจการเลี้ยงโค แต่การผสมเทียมก็เปรียบเสมือนดาบสองคม เพราะถ้าหากนำวิธีการผสมเทียมไปใช้ในทางประมาทเลินเล่อ หรือผิดพลาด ก็อาจทำให้เกิดผลเสียอย่างใหญ่หลวงได้เช่นกัน ดังในกรณีต่อไปนี้

1. ถ้าใช้น้ำเชื้อจากโคพ่อพันธุ์ที่ไม่ดี การผสมเทียมก็จะเป็นเครื่องมือในการกระจายโคที่มีลักษณะเลวออกไปได้มากในระยะเวลาอันรวดเร็ว

2. ผู้ปฏิบัติงานผสมเทียมจะต้องเป็นผู้มีความรู้ความชำนาญและปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวังยิ่ง งานผสมเทียมจึงจะประสบความสำเร็จ ถ้าผู้ผสมเทียมขาดความรู้ความชำนาญ สะเพร่า ประมาทเลินเล่อ หรือสกปรกแล้ว ย่อมก่อให้เกิดโทษได้ทั้งสิ้น นับตั้งแต่การผสมติดน้อย

ผสมไม่ติด ทำให้แม่โคแท้งลูก ทำลายอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โค ทำให้แม่โคได้รับความเจ็บปวดจนถึงตายได้ หรือเป็นพาหะแพร่โรคระบาดต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียหายและทำลายเศรษฐกิจของประเทศชาติอย่างมาก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขจร กอบสันเทียะ (2542) การสร้างหุ่นจำลองหัวใจสุนัข ประกอบการศึกษาวิชามทกาย วิทยาศาสตร์ สำหรับนิสิตปริญญาตรี สาขาสัตวแพทยศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตปริญญาตรี สาขาสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาคปลายปีการศึกษา 2541 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อกินันท์ สุประเสริฐ และคณะ (2545ก) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาสื่อการเรียนการสอน หุ่นจำลองอวัยวะสัตว์จากยางพารา ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะเด่นของหุ่นจำลองจากยางพารา คือ มีราคาถูก มีความอ่อนนุ่ม น้ำหนักเบา ตกไม่แตก เคลื่อนย้ายได้สะดวก และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ เป็นสื่อการเรียนการสอนและการศึกษาทบทวนด้วยตนเอง

อกินันท์ สุประเสริฐ และคณะ (2546ข) ได้ทำการวิจัยประสิทธิภาพของหุ่นจำลองอวัยวะต่างๆ ได้แก่ ระบบหมุนเวียนโลหิตและระบบหายใจ อวัยวะสืบพันธุ์และลูกสุกรจากยางพาราเพื่อการศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการใช้หุ่นจำลองจากยางพารา กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตปริญญาตรีสาขาสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นิสิตมีความเห็นว่า หุ่นจำลองช่วยให้เข้าใจเนื้อหาในการเรียนดีกว่าไม่ได้ใช้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรรณดา สุจริต และคณะ (2546) ได้ทำการวิจัยผลการใช้หุ่นจำลองยางพาราลูกสุกรในการเรียนการสอนวิชาวิทยาเอมบริโอ กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตปริญญาตรีสาขาสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาคต้น ปีการศึกษา 2545 ผลการวิจัยพบว่า นิสิตมีความเห็นว่า หุ่นจำลองช่วยให้เข้าใจเนื้อหาในการเรียนดีกว่าไม่ได้ใช้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างให้ความคิดเห็นเชิงบวกต่อการใช้ หุ่นจำลองยางพาราลูกสุกร เนื่องจากทำให้มองเห็นภาพการเจริญของอวัยวะขณะตัดขวางลำตัวได้ดีและทำให้เข้าใจบทเรียนมากขึ้น

สุภาภรณ์ ยิ่งवाद (2547) การพัฒนาหุ่นจำลองทางพาราระบบประสาทอัตโนมัติในช่องอก
 สุนัขเพื่อเป็นสื่อการสอนกายวิภาคศาสตร์ ประชากร คือ นิสิตปริญญาตรีสาขาสัตวแพทยศาสตร์
 ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อหุ่นจำลอง มีผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียนรู้สูงกว่าตอนก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าสื่อชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอน
 เป็นอย่างดี แต่จากการศึกษาพบว่ามีจำนวนผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่องสื่อหุ่นจำลองน้อยอยู่ อาจเป็น
 ด้วยว่าการทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่องของสื่อหุ่นจำลองนี้นั้น ผู้ทำวิจัยจะต้องมีพื้นฐานในด้านศิลปะมาก
 พอสมควร สืบเนื่องจากผู้วิจัยมีความรู้และความสามารถในการปั้นระดับหนึ่ง และด้วยผู้วิจัย
 เชื่อว่าประสิทธิภาพของสื่อหุ่นจำลองไม่ได้ด้อยไปกว่าสื่อใดๆ แต่ในปัจจุบันสื่อหุ่นจำลองกลับถูกลด
 ความสำคัญลง ถูกทอดทิ้งและถูกเลือกที่จะนำมาใช้น้อยลง จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำ
 วิจัยเกี่ยวกับสื่อหุ่นจำลองนี้ขึ้นมา

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 60 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม เนื่องด้วย

ลักษณะของการเรียนการสอนในเรื่องการผสมเทียมจะเป็นไปในลักษณะของการเรียนการสอนและการเก็บคะแนนภาคปฏิบัติเป็นหลัก กลุ่มผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีจำนวนจำกัดเพื่อให้สะดวกต่อการเรียนการสอนและการเก็บคะแนน ผู้วิจัยจึงยึดถือจำนวนผู้เรียนตามที่ผู้สอนกำหนด ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนผู้เรียนทั้งหมด 60 คน โดยสุ่มมาจำนวน 15 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีจับฉลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1. หุ่นจำลองยางพาราแบบสปีพันธุโคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นลักษณะหุ่นจำลองเท่าของจริง (Exact Model) แสดงเฉพาะในส่วนของระบบสปีพันธุของโคเพศเมีย ถ้าใส่ใหญ่ อวัยวะเพศ และทวารหนัก โดยมีการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาประกอบรวม เป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เมื่อผู้ปฏิบัติทำได้อย่างถูกต้องวิธี จะมีเสียงโคริ่งดังขึ้นเป็นสัญญาณและหลอดไฟจะสว่างขึ้นพร้อมกัน
2. แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพาราสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ใช้สำหรับประเมินเกี่ยวกับหุ่นจำลองในด้านต่างๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความคงทน ประโยชน์ ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้ผู้วิจัยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และให้ได้ทราบว่าสื่อมีข้อบกพร่องส่วนใด แล้วจัดการแก้ไขให้ดีขึ้น เพื่อให้ได้สื่อที่มีคุณภาพที่สุด
3. แบบประเมินระหว่างเรียน ใช้ในการทดสอบผู้เรียนในขณะที่ฝึกปฏิบัติ เป็นแบบประเมินแบบการสังเกต ให้คะแนนโดยผู้สอน มีทั้งหมด 9 ข้อ โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก, ดี, ปานกลาง, ต่ำ, และไม่ผ่าน แสดงเป็นคะแนนคือ 4, 3, 2, 1, และ 0 ตามลำดับ
4. แบบประเมินหลังเรียน ใช้ในการทดสอบผู้เรียนหลังจากฝึกปฏิบัติผ่านไปแล้ว เป็นแบบประเมินแบบการสังเกต ให้คะแนนโดยผู้สอน มีทั้งหมด 9 ข้อ โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก, ดี, ปานกลาง, ต่ำ, และไม่ผ่าน แสดงเป็นคะแนนคือ 4, 3, 2, 1, และ 0 ตามลำดับ

5. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นการสอบถามผู้เรียนถึงความพอใจในการใช้สื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆจากผู้เรียน เพื่อให้ผู้วิจัยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และให้ได้ทราบว่าผู้ใช้มีความรู้สึกรู้สึอย่างไรกับสื่อ สื่อมีข้อบกพร่องส่วนใด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อลักษณะเดียวกันนี้ต่อไปในอนาคต

การสร้างเครื่องมือ

การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ประกอบการศึกษาศรีวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ขั้นตอนแผนการผลิต

1.1 ศึกษาค้นคว้าวิธีการออกแบบและการผลิตสื่อการเรียนการสอนจากเอกสารตำรา

1.2 ศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนการสอน และขอบข่ายเนื้อหาเรื่องการผลิตผสมเทียมโค ประกอบการศึกษาศรีวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม จากหลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน

2. ขั้นตอนออกแบบ

2.1 ทำการออกแบบหุ่นจำลองยางพาราและวิธีการใช้หุ่นจำลอง ให้มีความตอบสนองได้ตรงต่อวัตถุประสงค์การเรียนการสอนและสอดคล้องกับเนื้อหา โดยศึกษารายละเอียดเรื่องการผลิตผสมเทียมโคจากอาจารย์ผู้สอน ของจริง ภาพถ่าย และเอกสารประกอบการเรียน

2.2 นำแบบหุ่นจำลองเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคนิคการผลิตจำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับโคจำนวน 4 ท่าน รวมทั้งสิ้น 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม เพื่อทำการแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป

3. ขั้นตอนการผลิต

นำต้นแบบที่ผ่านการตรวจและแก้ไขแล้วมาดำเนินการสร้างหุ่นจำลอง และเนื่องจากการสร้างหุ่นจำลองมีกระบวนการที่ซับซ้อน ใช้เวลาและทุนทรัพย์สูง เมื่อสำเร็จแล้วไม่สามารถแก้ไขได้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการสร้างหุ่นจำลองภายใต้การควบคุม ตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับโคจำนวน 4 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคนิคการผลิตจำนวน 1 ท่าน ตลอดจนทำการแก้ไขในระหว่างการสร้างหุ่นจำลอง โดยมีการดำเนินการดังนี้

3.1 การปั้นต้นแบบ วัสดุที่ใช้ คือ ดินน้ำมัน เนื่องจากคุณสมบัติของดินน้ำมันที่อ่อนนุ่ม สามารถปั้นขึ้นรูปดัดแปลง แก้ไขได้ง่าย หาซื้อได้ทั่วไป เหมาะแก่การทำต้นแบบ

3.2 การทำแม่พิมพ์ หลังจากที่ได้ต้นแบบจากดินน้ำมันแล้ว นำต้นแบบมาถอดพิมพ์ ทำแม่พิมพ์โดยใช้วัสดุปูนปลาสเตอร์

3.3 การหล่อชิ้นงาน โดยการนำน้ำยางข้นมาเทลงไปในแม่พิมพ์ ทิ้งไว้จนได้ความหนาตามต้องการ จากนั้นเทน้ำยางข้นส่วนเกินออก แล้วคว่ำปากแม่พิมพ์ตากทิ้งเอาไว้ให้น้ำยางส่วนเกินไหลออกจนหมด

3.4 การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เมื่อยางในแม่พิมพ์แห้งแล้วจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ แล้วผึ่งไว้ในอุณหภูมิห้องจนแห้งสนิท

3.5 การลงสีชิ้นงาน นำหุ่นจำลองยางพาราที่แห้งดีแล้ว มาตัดตกแต่งให้เรียบร้อยสมบูรณ์ แล้วลงสีโดยอ้างอิงสีจากอวัยวะจริงและหนังสือ สีที่ใช้เป็นสีที่มีคุณสมบัติพิเศษในการยึดหยุ่นตัวและจับกับเนื้องาน ไม่หลุดลอกออก หลังจากลงสีเสร็จแล้วทิ้งไว้ประมาณ 1-2 วัน เพื่อให้สีแห้งสนิท

3.6 ประกอบหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนประกอบอื่นๆ ที่เตรียมไว้

3.7 จัดทำวัสดุประกอบการใช้หุ่นจำลอง ได้แก่ คู่มือการใช้และการดูแลรักษาหุ่นจำลอง

4. การหาประสิทธิภาพของหุ่นจำลอง

การสร้างเครื่องมือในการวิจัย หุ่นจำลองยางพาราแบบสปีพันธุโคเพศเมียครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างหุ่นจำลองขึ้นมา 1 ชุด โดยหุ่นจำลองแต่ละชุดมีส่วนประกอบ 4 ส่วนหลักคือ

1. หุ่นจำลองอวัยวะสืบพันธุ์และทวารหนัก
2. หุ่นจำลองอวัยวะระบบสืบพันธุ์ภายในของโคเพศเมีย
3. ส่วนของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
4. ส่วนของขาตั้งและส่วนประกอบอื่นๆ

เมื่อสร้างหุ่นจำลองเสร็จแล้วนำสื่อหุ่นจำลองยางพาราเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับโคจำนวน 4 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคนิคการผลิตจำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบในด้านความถูกต้องตรงตามเนื้อหา ด้านการผลิต ด้านวิธีการใช้สื่อ รายละเอียดคู่มือการใช้สื่อ ด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน ด้านความคุ้มค่าและประโยชน์

นำหุ่นจำลองยางพาราที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองเก็บข้อมูล(Try Out) กับนักศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงสื่อก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างตามลำดับดังนี้

ครั้งที่ 1 ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบและหาข้อบกพร่องของสื่อด้วยวิธีการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ พบข้อบกพร่องและสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงดังนี้คือ ยางส่วนที่เป็นอวัยวะเพศและทวารหนักมีความแข็งเกินไป และรูที่ปากมดลูกมีความกว้างเกินไปทำให้การสอดป็นผสมเทียมทำได้ง่ายเกินความเป็นจริง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของสื่อดังกล่าว เพื่อเตรียมสำหรับทดลองในครั้งต่อไป

ครั้งที่ 2 ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน เพื่อหาประสิทธิภาพสื่อ จากการทดลองพบว่าสื่อมีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.65/78.27 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงสื่อดังกล่าวโดยทำให้หุ่นจำลองอวัยวะมีความอ่อนนุ่มขึ้นเดิม และทำรูที่ปากมดลูกให้แคบมากขึ้นกว่าเดิมเพื่อเตรียมสำหรับการทดลองในครั้งต่อไป

ครั้งที่ 3 ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพสื่ออีกครั้งหนึ่ง ผลจากการทดลองพบว่าสื่อมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.23/81.14

5. นำหุ่นจำลองที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ไปทำการเก็บ ข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

ทำการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ จำนวน 15 คน เพื่อหาความพึงพอใจที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

การสร้างแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียน

การสร้างแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียนแบบการสังเกตและสัมภาษณ์ สำหรับใช้ ประเมินผู้เรียนระหว่างเรียน มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนประจำวิชาร่วมกันวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์ เรื่องการ ผสมเทียมโค เพื่อใช้ในการสร้างแบบประเมิน
2. ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยปรึกษาอาจารย์ผู้สอนประจำ วิชาเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่ถูกต้อง และครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหาและวัตถุประสงค์ให้มากที่สุด โดย อ้างอิงจากแบบประเมินในกลุ่มการสอนวิชาสัตววิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม ของ ผู้ช่วย ศาสตราจารย์รุ่งสวรรค์ วรรณสุทธิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. นำแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียนเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบด้านเนื้อหาความถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
4. นำแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียน ไปทดลองใช้จริงกับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน

การสร้างแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างแบบสอบถามสำหรับประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามจากเอกสารตำราที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน

2. สร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยเนื้อหา 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นแบบสอบถามแบบประเมินค่า (Rating Scale)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติม เป็นแบบสอบถามปลายเปิด

3. การกำหนดระดับคะแนนการประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ (วาสนา ชาวหา, 2540: 48)

ดีมาก	มีระดับค่าคะแนนเท่ากับ 4
ดี	มีระดับค่าคะแนนเท่ากับ 3
ปานกลาง	มีระดับค่าคะแนนเท่ากับ 2
ควรปรับปรุง	มีระดับค่าคะแนนเท่ากับ 1

การประเมินคุณภาพของสื่อหุ่นจำลอง จะคำนึงถึงการวัดอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยระดับใด ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การตัดสินคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ (วาสนา ชาวหา, 2540: 48)

ดีมาก	มีระดับค่าคะแนนอยู่ระหว่าง	3.51 – 4.00
ดี	มีระดับค่าคะแนนอยู่ระหว่าง	2.51 – 3.50
ปานกลาง	มีระดับค่าคะแนนอยู่ระหว่าง	1.51 – 2.50
ควรปรับปรุง	มีระดับค่าคะแนนอยู่ระหว่าง	1.00 – 1.50

4. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ และปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความถูกต้อง

5. จัดพิมพ์และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้สื่อหุ่นจำลองยางพารา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดหัวข้อที่จะสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้สื่อหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นแบบมาตราส่วนค่าประมาณ (Rating Scale) โดยแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ และมีข้อคำถามเป็นเชิงนิมิต (Positive Scale) ให้คะแนนคำตอบด้านบวกเป็นค่าสูง ด้านลบเป็นค่าต่ำ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

มากที่สุด	มีค่าระดับคะแนนเท่ากับ 5
มาก	มีค่าระดับคะแนนเท่ากับ 4
ปานกลาง	มีค่าระดับคะแนนเท่ากับ 3
น้อย	มีค่าระดับคะแนนเท่ากับ 2
ควรปรับปรุง	มีค่าระดับคะแนนเท่ากับ 1

เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย คือ

ค่าระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 4.51 – 5.00	หมายถึง ฟังพอใจมากที่สุด
ค่าระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 3.51 – 4.50	หมายถึง ฟังพอใจมาก
ค่าระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 2.51 – 3.50	หมายถึง ฟังพอใจปานกลาง
ค่าระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 1.51 – 2.50	หมายถึง ฟังพอใจน้อย
ค่าระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 1.00 – 1.50	หมายถึง ฟังพอใจน้อยที่สุด

2. นำแบบสอบถามที่ออกแบบไว้นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา คณะกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง

3. ปรับปรุงและแก้ไขแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะ เพื่อเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ โดยเลือกจากผู้ที่มีความสามารถ และความชำนาญในแต่ละด้านเป็นอย่างดี

4. จัดการแก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จนได้แบบสอบถามความพึงพอใจที่สมบูรณ์

การดำเนินการทดลอง

1. การดำเนินการก่อนการทดลอง ดำเนินการดังนี้

1.1 เตรียมสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.2 จัดเตรียมนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเข้าสู่พื้นที่ทำการทดลอง

2. การดำเนินการทดลองกระทำดังนี้

2.1 อาจารย์เจ้าของวิชาชักถามนักศึกษาเกี่ยวกับเรื่องกายวิภาคของระบบสืบพันธุ์โค เพศเมียเพื่อเป็นการทบทวนความรู้เดิม

2.2 อาจารย์เจ้าของวิชาสอนโดยใช้หุ่นจำลองขางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมในการสาธิตเป็นเวลาประมาณ 10 นาที

2.3 ให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติกับหุ่นจำลองขางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นรายบุคคล ในระหว่างที่นักศึกษาปฏิบัติอยู่นั้น อาจารย์ทำการทดสอบนักศึกษาในระหว่างการปฏิบัติไปด้วย โดยการสังเกตและถามคำถามตาม หัวข้อในแบบประเมินระหว่างเรียน และให้คะแนน ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณคนละ 10 นาที

2.4 นักศึกษาทดลองปฏิบัติจนครบทุกคนแล้ว ให้นักศึกษาทุกคนมาทดสอบปฏิบัติให้ อาจารย์ประจำวิชาดูอีกครั้ง เพื่อเป็นการทดสอบหลังเรียนรายบุคคล

3. การดำเนินการหลังการทดลองกระทำดังนี้

3.1 นักศึกษาที่ได้รับการทดสอบแล้ว ให้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.2 ผู้วิจัยเก็บแบบสอบถามและแบบประเมินหลังเรียนเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมคะแนนจากแบบประเมินระหว่างเรียน แบบประเมินหลังเรียน และคะแนนจาก แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้แล้ว นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบประเมินระหว่างเรียนและ แบบประเมินหลังเรียน มาหาประสิทธิภาพสื่อหุ่นจำลองขางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ตามเกณฑ์ 80/80

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองทางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (ชัยงค์ พรหมวงศ์, 2536: 494-497) กล่าวคือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (คะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละของการทดสอบ ระหว่างเรียน) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของแบบประเมินหลังเรียน) จะมีค่าโดยประมาณ 80/80 ตามลำดับ โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยงค์ พรหมวงศ์, 2536: 494-497)

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\frac{(\sum x) \times 100}{N}}{A}$$

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\frac{(\sum F) \times 100}{N}}{B}$$

E_1	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน
E_2	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนหลังเรียน
$\sum x$	หมายถึง	คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบประเมินระหว่างเรียน
$\sum F$	หมายถึง	คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบประเมินหลังเรียน
N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
A	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบประเมินระหว่างเรียน
B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบประเมินหลังเรียน

2. การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบประเมินโดยใช้สูตร (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2536: 27)

สูตร $\bar{X} = \frac{\sum fx}{n}$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 fx = ผลคูณระหว่างคะแนนกับความถี่ของคะแนนนั้น
 n = จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง

3. วิเคราะห์ผลการตอบแบบสอบถามแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนสำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2536: 27)

สูตร $\bar{X} = \frac{\sum fx}{n}$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม
 fx = ผลคูณระหว่างคะแนนกับความถี่ของคะแนนนั้น
 n = จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม แบบประเมินระหว่างเรียน และแบบประเมินหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำไปทดสอบกับนักศึกษาาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 15 คน หลังจากนั้นได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

ตอนที่ 1 การหาคุณภาพของหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากผู้เชี่ยวชาญ

การหาคุณภาพของหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ได้ทำการประเมินเพื่อทราบระดับความเหมาะสมและระดับคุณภาพของสื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งสรวรรค์ วรรณสุทธิ์ ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. อาจารย์พรพนม คำมุงคุณ ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ระดับ 7
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. อาจารย์ชาติชาย โยเหลา ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ระดับ 7
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. อาจารย์สุรเดช สังฆะมณี ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ระดับ 7
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
5. นายขจร กอบสันเทียะ
หน่วยโสตทัศนศึกษา คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการตอบแบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ จะนำมาคิดคะแนนเฉลี่ยโดยคำนวณจากคำตอบที่เลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินผล ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายความว่า	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายความว่า	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายความว่า	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายความว่า	ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายความว่า	ดีมาก

ระดับคะแนนจากการประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ระดับค่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.62 ดังแสดงในภาคผนวก จ

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพหุ่นจำลองยางพาราแบบสปีดปั๊มโคเพสเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพหุ่นจำลองยางพาราแบบสปีดปั๊มโคเพสเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ไปทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ดังมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นทดลองกลุ่มขนาดเล็ก ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 จำนวน 3 คน ในขั้นตอนนี้ยังไม่ได้ใช้แบบประเมิน แต่จะทดลองโดยการสังเกตและสัมภาษณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องของสื่อเท่านั้น ผลการทดลองพบว่า มีข้อบกพร่องและสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุงดังนี้คือ ขางส่วนที่เป็นอวัยวะเพศและทวารหนักมีความแข็งเกินไป และรูที่ปากมดลูกมีความกว้างเกินไปทำให้การสอดป้อนผสมเทียมทำได้ง่ายเกินความเป็นจริง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของสื่อดังกล่าว เพื่อเตรียมสำหรับทดลองในครั้งต่อไป

ขั้นทดลองกลุ่มขนาดกลาง จากผลการทดลองกลุ่มขนาดเล็กที่ ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงหุ่นจำลอง แบบประเมินระหว่างเรียน และแบบประเมินหลังเรียน หลังจากปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยได้นำมาทดลองกับนักศึกษาสาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 5 คน ปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดลองจากนักศึกษาขั้นทดลองกลุ่มขนาดกลาง ของการเรียนรู้ด้วยหุ่นจำลองยางพาราแบบสปีดปั๊มโคเพสเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (5 คน)

(n=5)			
เครื่องมือ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
แบบประเมินระหว่างเรียน	36	30.40	84.44
แบบประเมินหลังเรียน	36	28.60	79.44

จากตารางที่ 2 นักศึกษาทำแบบประเมินระหว่างเรียนถูกต้องร้อยละ 84.44 และทำแบบประเมินหลังเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 79.44 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ขั้นทดลองกลุ่มขนาดใหญ่ จากผลการทดลองกลุ่มขนาดกลาง มีระดับคะแนนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ 80/80 ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงหุ่นจำลอง แบบประเมินระหว่างเรียน และแบบประเมินหลังเรียน หลังจากปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยได้นำมาทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 5 คน ปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการทดลองจากนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

(n=15)

เครื่องมือ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
แบบประเมินระหว่างเรียน	36	30.87	85.75
แบบประเมินหลังเรียน	36	30.27	84.08

จากตารางที่ 3 นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินระหว่างเรียนถูกต้องร้อยละ 85.75 และทำแบบประเมินผลภาคปฏิบัติได้ถูกต้องร้อยละ 84.08 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

นำหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 15 คน เพื่อหาความพึงพอใจต่อไป

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ได้ทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ จำนวน 15 คน

ผลของการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา จะนำมาคิดคะแนนเฉลี่ยโดยคำนวณจากคำตอบที่เลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ มาก
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

ตารางที่ 4 สรุปผลระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองขงพาราระบบสืบพันธุ์โค
เพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง
ทั้งหมด 15 คน

(n = 15)

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
1. ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง	4.5	มาก
2. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้าง	4.63	มากที่สุด
3. ขนาดของความสูงหุ่นจำลองมีความเหมาะสม	4.46	มาก
4. การจัดวางตำแหน่งส่วนประกอบของอวัยวะ	4.53	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ติดตั้งร่วมด้วย	4.67	มากที่สุด
6. ความประณีตในการจัดสร้าง	4.6	มากที่สุด
7. ชิ้นงานมีความน่าสนใจ	4.8	มากที่สุด
8. เสียงประกอบที่ใช้มีความน่าสนใจ	4.9	มากที่สุด
9. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการเรียนรู้	4.67	มากที่สุด
10. หุ่นจำลองเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	4.9	มากที่สุด
11. หุ่นจำลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	4.93	มากที่สุด
12. มีทักษะในการผสมเทียมมากขึ้น	4.93	มากที่สุด
13. มีความพอใจที่ได้เรียนด้วยสื่อหุ่นจำลอง	4.9	มากที่สุด
14. ประโยชน์ที่ได้รับจากสื่อหุ่นจำลอง	4.93	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	4.42	มาก

จากตารางที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้ง 15 คน สรุปว่าระดับค่าคะแนนเฉลี่ยรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.42

ข้อวิจารณ์

1. จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ หุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก เนื่องจากได้มีการวางแผนการผลิตสื่อการสอนอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่ขั้นการออกแบบ การดำเนินการ การทดลองใช้ปรับปรุงแก้ไขและการประเมินผล ภายใต้อาการควบคุมจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อหุ่นจำลอง จนได้หุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้ สอดคล้องกับ ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ์ (2541) ได้กล่าวถึงการผลิตสื่อการสอนว่า (สุภาพรณ ینگวอด, 2547 อ้างถึง ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ์, 2541)

...การผลิตสื่อ นั้น จะต้องมีการดำเนินการอย่างพิถีพิถันรอบคอบ ถูกต้องตามหลักวิชาการ ทั้งขั้นตอนการวางแผนการผลิต ขั้นตอนดำเนินการ และขั้นตอนการประเมินผลอันจะเป็นหลักประกันได้ว่าสื่อที่ผลิตได้นั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนการสอน...

2. การหาประสิทธิภาพหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

ในการทดลองกลุ่มตัวอย่าง หุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม มีประสิทธิภาพ 82.52/81.36 ซึ่งถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ อันเป็นผลมาจากเครื่องมือที่ใช้วิจัยมีประสิทธิภาพ หมายความว่าหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพสามารถแสดงโครงสร้าง และรายละเอียดของเนื้อหาได้อย่างครบถ้วน ช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี จึงทำให้ผลการทดลองนี้เป็นไปตามข้อสมมติฐานของผู้วิจัย ที่ว่า หุ่นจำลอง

ข่างพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ผลที่ได้เนื่องจาก

วิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับร่างกาย โครงสร้างร่างกาย อวัยวะภายในต่างๆ และระบบอวัยวะการสืบพันธุ์ของสัตว์ ตลอดจนความสัมพันธ์กับอวัยวะใกล้เคียง ซึ่งผู้เรียนจะต้อง ทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์อันสลับซับซ้อนนั้น หุ่นจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถช่วยในการฝึกปฏิบัติได้ดี สามารถแสดงส่วนสำคัญต่างๆ ได้ถูกต้องตามเนื้อหา มีการตัดทอนส่วนที่ไม่สำคัญและแสดงรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่จะใช้ในการเรียนรู้ ตลอดจนมีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงสัญญาณไฟและเสียงร้องของวัว ช่วยสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดีขึ้น ดังที่เกื้อกูล คุปรัตน์ (2532: 297) กล่าวไว้ว่า (สุภาพรณย์ ยิ่งवाद, 2547 อ้างถึง เกื้อกูล คุปรัตน์, 2532)

...การสอนเนื้อหาบางเรื่องที่มีความสลับซับซ้อน การใช้หุ่นจำลองประกอบกิจกรรมการสอน จะทำให้การสอนนั้นบรรลุเป้าหมายได้เนื่องจาก หุ่นจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะสัดส่วนความสัมพันธ์และยังสามารถลดสัดส่วนที่สลับซับซ้อนให้น้อยลงและเน้นเฉพาะส่วนที่ต้องการให้เด่นชัดได้...

นอกจากนั้นการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนโดยใช้การฝึกปฏิบัติ การทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน การอภิปรายร่วมกัน ตลอดจนการทำกิจกรรมต่างๆ ระหว่างการเรียนการสอนช่วยสร้างความสนใจและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น สอดคล้องกับ ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2533: 88-91) ที่ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู่ว่า (สุภาพรณย์ ยิ่งवाद, 2547 อ้างถึง ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, 2533)

...การใช้สื่อการเรียนการสอนที่ได้ผลจะต้องพิจารณาในเรื่องสำคัญต่างๆ หลายประการ เช่น ผู้เรียน จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอน วิธีการสอนและสื่อ ทั้งหมดนี้เป็นส่วนที่อยู่ในระบบการเรียนการสอนทั้งสิ้น ในกระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้เกิดประสิทธิภาพนั้น ผู้เรียนจะต้องมีปฏิริยาตอบสนองและมีการเสริมแรงสำหรับพฤติกรรม การตอบสนองที่ถูกต้องอยู่เสมอ การให้ผู้เรียนได้ตอบสนองต่อสถานการณ์การเรียนอาจทำได้ด้วยวิธีง่าย ๆ ไปจนถึงวิธีการที่ซับซ้อน เช่น การให้สังเกต ไปจนถึงการให้ทำโครงการหรือออกแบบสิ่งของต่าง ๆ การอภิปราย การทดสอบย่อย การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น ดังนั้น

สื่อการสอนจึงไม่ใช่แค่เพียงนำเสนอเนื้อหาการเรียนเท่านั้น แต่สื่อยังจะให้ประสบการณ์การเรียนรู้แก่ผู้เรียนอย่างกว้างขวาง ...

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากการสอบถามผู้เรียนหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจพบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

จากข้อวิจารณ์ข้างต้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าหุ่นจำลองยางพาราที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพประสิทธิภาพ และความน่าสนใจ สามารถนำมาใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการเรียนการสอนโดยสื่อของจริงซึ่งเป็นมดลูกวัวที่คองน้ำยา formalin นั้น มีกลิ่นฉุนที่รุนแรงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้เรียนและผู้สอน และยากต่อการทำความเข้าใจ นอกจากนี้การใช้อวัยวะสดหรือของสดมีปัญหาที่อายุการใช้งานที่จำกัด ราคาที่สูงและหายาก สอดคล้องกับ ฌอลงชัย สุรวัฒนบุรณ (2541: 38) กล่าวว่า “...ในการสอนโครงสร้างทางกายภาพสื่อที่ใช้ควรจะเป็นของจริง บางครั้งอาจจะใช้หุ่นจำลองของจำลองหรือของสื่อแบบที่มีคุณภาพดีก็ได้ เนื่องจากหุ่นจำลองหรือของสื่อเหล่านั้นบางครั้งก็สามารถใช้ได้สะดวกกว่าของจริง...” และผลการวิจัยของ Send, Lester B (1969) (สุภาภรณ์ ยิ่งหวด, 2547 อ้างถึง ไตรรงค์ ทองใบ, 2540: 36) พบว่าทั้งเด็กและผู้ใหญ่มีความชื่นชอบหุ่นจำลองอยู่แล้ว จึงส่งผลให้สามารถจดจำเรื่องราวและเนื้อหาได้ง่ายขึ้นในเรื่องการสอนวิชาต่างๆ ถ้าสามารถนำหุ่นจำลองไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม จะทำให้วิชานั้นมีชีวิตชีวาขึ้น ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้เพิ่มขึ้นทั้งปริมาณ คุณภาพ และยังประหยัดเวลาในการเรียนการสอนด้วย เนื่องจากหุ่นจำลองเป็นสื่อที่ให้ความคิดรวบยอดที่ดี สามารถลดความสับสนซับซ้อนของเนื้อหาที่เข้าใจยากให้ผู้เรียนทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ดึงดูดความสนใจผู้เรียน ปลอดภัยต่อผู้เรียน ผู้สอน สะดวกในการนำไปประกอบการเรียนการสอน นอกจากนี้ผลการวิจัยการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนหุ่นจำลองอวัยวะสัตว์จากยางพาราของอภิรักษ์ สุประเสริฐ และคณะ (2545ก) พบว่า ลักษณะเด่นของหุ่นจำลองจากยางพารา คือ เป็นสื่อที่มีราคาถูก มีความอ่อนนุ่มให้สัมผัสเหมือนจริง น้ำหนักเบาตกไม่แตก เคลื่อนย้ายได้สะดวก สามารถเสนอความรู้หรือเรื่องราวให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ง่ายและสะดวกกว่าของจริง สามารถแสดงส่วนประกอบที่สำคัญได้ถูกต้องตรงตามจุดมุ่งหมายเหมาะสมต่อการนำไปใช้ เป็นสื่อการเรียนการสอนการศึกษาทบทวนด้วยตนเอง

สุภาภรณ์ ยิ่งหวด (2547) ได้กล่าวว่า ปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ประกาศให้มีจรรยาบรรณในการใช้สัตว์ขึ้น ซึ่งถือเป็นหลักเกณฑ์ที่ผู้ใช้สัตว์และผู้เลี้ยงสัตว์เพื่องานวิจัย งานทดสอบ งานสอน และผลิตชีววัตถุในเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขายึดถือ

ปฏิบัติ เพื่อให้การดำเนินงานตั้งอยู่บนพื้นฐานของจริยธรรม คุณธรรม มนุษยธรรม และหลักวิชาการที่เหมาะสม ซึ่งในขณะเดียวกันก็มีความพยายามนำวิธีการด้านต่างๆ มาใช้แทนการใช้สัตว์เพื่อลดจำนวนการใช้สัตว์ลง

ดังนั้นการผลิตหุ่นจำลองยางพาราเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน นอกจากจะช่วยเสริมประสิทธิภาพและประสิทธิผลให้กับกระบวนการการเรียนการสอนแล้ว ยังช่วยลดปริมาณในการใช้สัตว์ในการเรียนการสอน และช่วยประหยัดงบประมาณแผ่นดินในการสั่งซื้อหรือวัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง เนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถผลิตได้เองโดยใช้วัสดุยางพาราซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลของเกษตรกรไทย เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาประเทศเป็นอย่างยิ่ง ตอบสนองพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ในหมวดที่ 9 มาตราที่ 67 ว่าด้วยรัฐต้องส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิต การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา รวมทั้งการติดตามตรวจสอบและประเมินผลการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาให้เกิดการใช้ที่คุ้มค่าและ เหมาะสมต่อกระบวนการเรียนรู้ของคนไทย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ในการเรียนด้วยหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ประกอบการศึกษาวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์ และการผสมเทียมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการซึ่งมี ขั้นตอนโดยสรุป ดังนี้ คือ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ประกอบการศึกษาวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม ที่มีคุณภาพ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 60 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ผ่านการเรียนในวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียมจำนวน 15 คน เนื่องด้วยลักษณะของการเรียนการสอนในเรื่องการผสมเทียมจะเป็นไปในลักษณะของการเรียนการสอนและการเก็บคะแนนภาคปฏิบัติเป็นหลัก กลุ่มผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีจำนวนจำกัดเพื่อให้สะดวกต่อการเรียนการสอนและการเก็บคะแนน ผู้วิจัยจึงยึดถือจำนวนผู้เรียนตามที่คุณสอนกำหนด ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนผู้เรียนทั้งหมด 60 คน โดยสุ่มมาจำนวน 15 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีจับฉลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. หุ่นจำลองขางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม เป็นลักษณะหุ่นจำลองเท่าของจริง (Exact Model) จำนวน 1 ชุด
2. แบบประเมินระหว่างเรียน เป็นข้อสอบภาคปฏิบัติระหว่างเรียน จำนวน 9 ข้อ โดยผู้วิจัยอ้างอิงจากข้อสอบที่มีอยู่แล้ว
3. แบบประเมินหลังเรียน เป็นข้อสอบภาคปฏิบัติหลังเรียนจำนวน 9 ข้อ โดยผู้วิจัยอ้างอิงจากข้อสอบที่มีอยู่แล้ว
4. แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินคุณภาพสื่อการสอน
5. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองขางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. จัดเตรียมนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเข้าสู่พื้นที่ทำการทดลอง
2. อาจารย์เจ้าของวิชาซักถามนักศึกษาเพื่อเป็นการทบทวนความรู้เดิม
3. อาจารย์เจ้าของวิชาสอน โดยใช้หุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการสาธิตเป็นเวลาประมาณ 10 นาที
4. ให้นักศึกษาทำการฝึกปฏิบัติกับสื่อหุ่นจำลองระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นรายบุคคล และให้อาจารย์ทำการทดสอบนักศึกษาในระหว่างการปฏิบัติไปด้วย โดยการสังเกตและถามคำถามตามหัวข้อในแบบประเมินระหว่างเรียน และให้คะแนน ใช้เวลาประมาณคนละ 5 นาที
5. เมื่อนักศึกษาทดลองปฏิบัติจนครบทุกคนแล้ว ให้นักศึกษาทุกคนมาทดสอบปฏิบัติให้อาจารย์ประจำวิชาดูอีกครั้ง เป็นการทดสอบหลังเรียนเพื่อเป็นการประเมินผลรายบุคคล ใช้เวลาคนละ 5 นาที
6. นักศึกษาที่ได้รับการทดสอบแล้ว ให้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ
7. ผู้วิจัยเก็บแบบสอบถามความพึงพอใจ แบบประเมินระหว่างเรียนและแบบประเมินหลังเรียน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมคะแนนจากแบบประเมินระหว่างเรียน แบบประเมินหลังเรียน และคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้แล้ว นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบประเมินระหว่างเรียนและแบบประเมินหลังเรียน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2536: 494-497)

ผลการวิจัย

1. คุณภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
2. สื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้
3. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากการสอบถามผู้เรียนหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงดีมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. จากผลการวิจัยปรากฏว่าหุ่นจำลองยางพาราที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความน่าสนใจ มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหุ่นจำลองให้ความคิดรวบยอดที่ดี ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ดังนั้นจึงควรมีการผลิตสื่อประเภทนี้เพื่อนำมาประกอบการเรียนการสอนให้มากขึ้น
2. ในการออกแบบผลิตหุ่นจำลองทางการศึกษา ควรคำนึงถึงองค์ประกอบหลายประการ เช่น วัตถุประสงค์การเรียนการสอน ความถูกต้องตามเนื้อหา ความสะดวกและประหยัด เป็นต้น แต่มีสิ่งหนึ่งที่ผู้ออกแบบผลิตหุ่นจำลองทางการศึกษา ไม่ควรมองข้ามไปก็คือ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน การ

ใช้สื่อการเรียนการสอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือได้ลงมือกระทำร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุด อาจจะด้วยการอภิปราย การทำแบบฝึกหัด การใช้ร่วมกับสื่ออื่น หรือวิธีการต่างๆ เพื่อช่วยสร้างความสนใจให้กับกิจกรรมการใช้สื่อการเรียนการสอน และผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

3. สื่อหุ่นจำลองทางการศึกษาควรมีขนาดที่เหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้ ไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และมีความคงทนแข็งแรง ไม่เปราะ บอบบาง หรือชำรุดเสียหายง่าย คุณสมบัติเด่นของหุ่นจำลองยางพารา คือ ราคาถูกเนื่องจากใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศ มีความอ่อนนุ่มให้สัมผัสเหมือนอวัยวะจริง น้ำหนักเบาพกไม่แตก เคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่มีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และเหมาะกับการนำไปทำสื่อการสอนและการศึกษาทบทวนด้วยตนเอง

4. การผลิตสื่อหุ่นจำลองควรต้องมีการวางแผนการดำเนินการที่ดี เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดและระยะเวลาในการทำงาน เนื่องจากการผลิตหุ่นจำลองใช้เวลานาน และถึงวัสดุยางพาราที่ใช้หล่อเป็นตัวหุ่นจำลองจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ผลิตได้เองภายในประเทศ ราคาถูก แต่การทำหุ่นจำลองทุกประเภทมีค่าใช้จ่ายในการทำแม่พิมพ์ที่สูง เมื่อผลิตผลแล้วทำการแก้ไขลำบาก นอกจากนั้นควรมีการร่วมมือกับบุคลากรที่มีถนัดในด้านต่างๆ เช่น ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ ด้านศิลปะ เป็นต้น เพื่อให้ได้สื่อที่มีคุณภาพและคุ้มค่าต่อการผลิต

5. ควรสนับสนุนงบประมาณให้มีการผลิตสื่อหุ่นจำลองยางพาราเพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอน เนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตได้เองภายในประเทศ มีราคาถูก โดยเฉพาะหุ่นจำลองทางการแพทย์ ที่มีความจำเป็นต้องใช้สื่อประเภทนี้ ซึ่งในปัจจุบันสั่งซื้อจากต่างประเทศในราคาสูง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาพัฒนาหุ่นจำลองประกอบการเรียนการสอนที่มีสมรรถภาพสูงขึ้น เช่น หุ่นจำลองแบบที่มีปฏิสัมพันธ์ในลักษณะต่างๆ เช่น สามารถตอบสนองต่อพฤติกรรมของผู้ใช้ สามารถเคลื่อนไหวได้ เป็นต้น

2. สามารถทำวิจัยในลักษณะเดียวกันนี้กับระบบอื่นของโคหรือสัตว์อื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น ระบบหายใจ ระบบหลอดเลือด ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบขับถ่าย เพื่อเป็นส่วนช่วยในการส่งเสริมงานในด้านการปศุสัตว์ เป็นอีกทางหนึ่งในการเสริมสร้างเศรษฐกิจชาติ

3. ควรทำวิจัยในลักษณะเดียวกันนี้ กับสาขาอื่น เช่น สาขาสัตวแพทย์ สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฯลฯ ซึ่งจะทำให้การใช้สื่อหุ่นจำลองมีความหลากหลาย และทำให้การเรียนการสอนบรรลุจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

4. ควรทำการศึกษาถึงคุณสมบัติและสมรรถภาพของหุ่นจำลองที่ส่งผลดีต่อการสอน โดยเน้นด้านวิธีการใช้ และการศึกษาองค์ประกอบที่จะทำให้สื่อประเภทนี้มีผลดีกว่าสื่อประเภทอื่น



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิดานันท์ มะลิทอง. 2543. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดอรุณการพิมพ์. อ้างถึง Dale, Edgar. 1965. Audio-Visual Methods in Teaching. New York: Holt Rinehart and Winston.

กรมวิชาการเกษตร. ม.ป.ป. โครงการพัฒนาการผลิตและการตลาดของกลุ่มสตรีและเยาวชน สหกรณ์ เรื่อง ผลิตภัณฑ์จากยางพารา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เกื้อกูล คุปรัตน์. 2532. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ขจร กอบสันเทียะ. 2542. การสร้างหุ่นจำลองหัวใจสุนัข ประกอบการศึกษาวิชามหกายวิภาคศาสตร์ สำหรับนิสิตปริญญาตรี สาขาสัตวแพทยศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรพันธ์ สมประสงค์. 2533. การสร้างประติมากรรมจากปูนปลาสเตอร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์.

_____. 2533. เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์.

ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ. 2527. เทคโนโลยีการศึกษา. ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2541. การเลือกและการใช้สื่อการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัคราณา) อ้างถึง Gerlach, V.S. and Ely, D.p. 1980. **Teching and Media: A System Approach**. New Jersey: Prentice-Hall.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2529. กระบวนการสันนิเวศนาการและระบบสื่อการสอน. เอกสารการสอน
ชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อทางการศึกษา หน่วยที่ 1-5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

_____. 2536. เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับประถมศึกษาเล่มที่ 2 หน่วยที่ 8-15.
พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526. เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์วัฒนาพานิชย์.

_____. 2533. เทคโนโลยีทางการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์
ไอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์.

นิพนธ์ สุขปรีดี. 2528. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยสัมพันธ์.

นิวัติ หนนนท์. 2540. ศิลปนิยม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พรินติ้งกราฟฟิค.

บุญเยี่ยม แยมเมือง. 2537. สุนทรียทางทัศนศิลป์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ ไอ.เอส.พรินติ้ง
เฮาส์.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2542. สถิติวิจัย 1. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด
พี.เอ็น.การพิมพ์ .

เปื้อง กุมท. 2519. การวิจัยสื่อและนวัตกรรมการสอน. คณะศึกษาศาสตร์:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ผดุงศักดิ์ สีลากร. 2535. การสร้างสื่อหุ่นจำลองร่างกายมนุษย์ตัดตามขวางเพื่อใช้ประกอบการ
เรียนวิชา Topographic Anatomy. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเวชניתสน์,
มหาวิทยาลัยมหิดล.

ภูงศ์ อังคปรีชาเศรษฐ์. 2537. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: แสงจันทร์การพิมพ์.

มนตรี เข้มกลึง. 2526. การใช้เทคโนโลยีการสอนในห้องเรียน. สงขลา: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

โรงเรียนฝึกออาชีพกรุงเทพมหานคร. 2550. ไฟฟ้าเบื้องต้น (Online).

<http://www.khlongtoei.com/index.php?lay=show&ac=article&id=295155>,

11 ธันวาคม 2550.

ลัดดา สุขปรีดี. 2522. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิมพ์ณศ.

รัฐสวรรค์ วรรณสุทธิ. ม.ป.ป. คู่มือการสอน วิชา สรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม.

ปทุมธานี: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี.

วรรณดา สุจริต และคณะ. 2546. ผลการใช้หุ่นจำลองอย่างพาราอวกาศในการเรียนการสอนวิชา วิทยาอเมบริโอ. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 41: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วสันต์ ทองไทย. 2549. ระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา. ภาควิชาการศึกษา: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัลลภ ไชยพรหม. 2533. ปูนพลาสเตอร์ศิลปะและการประดิษฐ์. กรุงเทพมหานคร:

บริษัท เจเนอรัลบุคเซ็นเตอร์ จำกัด.

วาสนา ชาวหา. 2525. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กราฟฟิคอาร์ท.

_____. 2533. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

วิเศษ โยกมา. 2549. การผสมเทียมโค. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น.

ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 2531. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร
การผสมเทียมโค รุ่นที่ 3. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยยาง. 2545. ข้อมูลวิชาการยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. 2543. ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์ ส.ส.ท..

สุภาภรณ์ ยิ่งยวด. 2547. การพัฒนาหุ่นจำลองยางพาราระบบประสาทอัตโนมัติในช่องอกสุนัข
เพื่อเป็นสื่อการสอนกายวิภาคศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรเกียรติ ยอดวิเศษ. 2538. งานปั้นเซรามิค. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์สยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด.

สุรัช ชาศิริรัตน์. 2545. การสืบพันธุ์และการผสมเทียมโค-กระบือ. กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภินันท์ สุประเสริฐ. 2532. ระบบหมุนเวียนโลหิตและน้ำเหลือง. ภาควิชากายวิภาคศาสตร์.
คณะสัตวแพทย์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภินันท์ สุประเสริฐ และคณะ. 2545. การวิจัยและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนรูปหุ่นจำลอง
อวัยวะสัตว์จากยางพารา. การประชุมวิชาการทางกายวิภาคศาสตร์แห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 25.

_____. 2546. ประสิทธิภาพของหุ่นจำลองจากยางพาราเพื่อการศึกษา. การประชุมวิชาการ
ทางกายวิภาคศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26.





รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 4 ท่าน โดยกำหนดคุณสมบัติ คือ มีประสบการณ์ในด้านการผสมเทียม และเป็นผู้สอนในวิชาสรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม ในสาขาวิชาสัตวศาสตร์ และมีประสบการณ์การสอนไม่ต่ำกว่า 10 ปี ได้แก่

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งสรวรค์ วรรณสุทธิ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8 สาขาวิชาสัตวศาสตร์
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2. อาจารย์พรพนม คำมุงคุณ
 อาจารย์ระดับ 7 สาขาวิชาสัตวศาสตร์
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. อาจารย์ชาติชาย โยเหลา
 อาจารย์ระดับ 7 สาขาวิชาสัตวศาสตร์
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. อาจารย์สุรเดช สังฆะมณี
 อาจารย์ระดับ 7 สาขาวิชาสัตวศาสตร์
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอนและการสร้างหุ่นจำลอง

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสื่อการสอนและการสร้างหุ่นจำลองจำนวน 1 ท่าน โดยกำหนดคุณสมบัติ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีการศึกษา มีประสบการณ์ทำงานไม่ต่ำกว่า 10 ปี ได้แก่

นายจร กอบสันเทียะ

นักวิชาการโสตทัศนศึกษา ระดับ 5 ประจำภาควิชากายวิภาคศาสตร์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ 0513.109/ ว 558



คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

19 เมษายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งสรวรค์ วรรณสุทธิ

ด้วย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา (ภาคปกติ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการให้ทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้การควบคุมการทำการวิจัยของ

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2 รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไคร่ขอขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้วิจัยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

โทร.02-942-8674, โทรสาร.02-942-8674

ที่ ศธ 0513.109/ ว 558



คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

19 เมษายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์พรพนม คำมุงคุณ

ด้วย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา (ภาคปกติ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการให้ทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้การควบคุมการทำการวิจัยของ

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2 รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไคร่ขอขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้วิจัยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

โทร.02-942-8674, โทรสาร.02-942-8674

ที่ ศธ 0513.109/ ว 558



คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

19 เมษายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์ชาตชาย โยเหลา

ด้วย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา (ภาคปกติ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการให้ทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้การควบคุมการทำการวิจัยของ

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2 รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไคร่ขอขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้วิจัยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พทธิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

โทร.02-942-8674, โทรสาร.02-942-8674

ที่ ศธ 0513.109/ ว 558



คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

19 เมษายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์สุรเดช สังฆะมณี

ด้วย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา (ภาคปกติ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการให้ทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้การควบคุมการทำการวิจัยของ

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2 รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไคร่ขอขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้วิจัยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พทธิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

โทร.02-942-8674, โทรสาร.02-942-8674

ที่ ศธ 0513.109/ ว 558



คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

19 เมษายน 2554

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิทยานิพนธ์

เรียน นายขจร กอบสันเทียะ

ด้วย นายบริพัฒน์ นันทพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา (ภาคปกติ) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการให้ทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่อง การสร้างหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้การควบคุมการทำการวิจัยของ

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1 ดร.ไพฑูรย์ ศรีฟ้า | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| 2 รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม |

ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใคร่ขอขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเครื่องมือในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้วิจัยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คณะศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์

โทร.02-942-8674, โทรสาร.02-942-8674



ภาคผนวก ข
รายละเอียดเนื้อหาวิชาการผสมเทียมโค

รายละเอียดเนื้อหาวิชาการผสมเทียมโค

ระบบสืบพันธุ์ของแม่โค (พิเศษ โยกมา, 2549: 22-27)

ผู้ที่ทำการผสมเทียมโคจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะ ตลอดจนหน้าที่การทำงานในอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โคเสียก่อน จึงจะทำให้การผสมเทียมเป็นไปได้โดยง่าย และประสบผลสำเร็จ ถ้าผู้ที่ทำการผสมเทียมไม่มีความรู้หรือไม่เข้าใจระบบสืบพันธุ์ของแม่โคดีพอ ก็จะเป็นการยากที่จะทำการผสมเทียมได้ หรือทำได้แต่ไม่ดี มีแต่จะก่อให้เกิดผลเสียอย่างมาก ทั้งต่อตัวโคเอง ต่อเศรษฐกิจของฟาร์ม และรวมไปถึงเศรษฐกิจของประเทศ

โดยธรรมชาติแล้วระบบสืบพันธุ์ของแม่โคจะตั้งอยู่ในแนวนอนขนานไปกับช่องทวารหนัก สามารถใช้มือล้วงเข้าไปเพื่อคลำดูรูปร่างลักษณะและตรวจสอบความผิดปกติของอวัยวะทุกส่วนของระบบสืบพันธุ์ได้ อวัยวะสืบพันธุ์ที่สำคัญในแม่โคมีดังต่อไปนี้

รังไข่ รังไข่เป็นอวัยวะที่สำคัญที่สุดและทำหน้าที่มากที่สุดในระบบสืบพันธุ์ รังไข่ของแม่โคมีจำนวน 1 คู่ ตั้งอยู่ในบริเวณช่องท้องใกล้กระดูกสันหลังด้านขวา 1 เม็ด และด้านซ้ายอีก 1 เม็ด โดยทั่วไปรังไข่ของแม่โคมีลักษณะเป็นก้อนคล้ายก้อนเนื้อแข็ง มีขนาดความยาว 1.5 นิ้ว หนาประมาณ 1 นิ้ว และรังไข่ด้านขวามักจะโตกว่ารังไข่ด้านซ้ายเสมอ หน้าที่สำคัญของรังไข่มีอยู่ 2 ประการ คือ

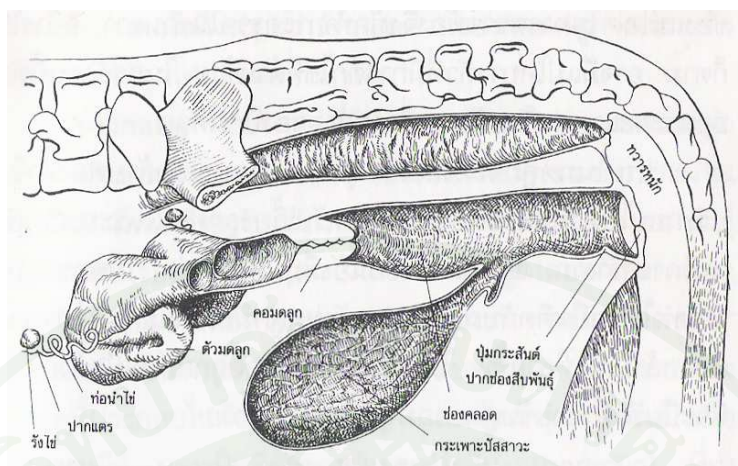
1. ทำหน้าที่ผลิตไข่ ตามธรรมชาติแล้วรังไข่ของลูกโคแรกคลอดก็สามารถผลิตไข่ได้ในจำนวนเท่ากับรังไข่ของแม่โคอายุมากได้เช่นกัน แต่ในระยะดังกล่าวจะยังไม่มีการพัฒนาของไข่ จนกระทั่งโคเริ่มเข้าสู่สภาวะเป็นสาว อันได้แก่ สภาวะโคที่สมบูรณ์เต็มที่พร้อมที่จะผสมพันธุ์และตั้งท้องได้ ไข่ก็จะเริ่มพัฒนาและเจริญเต็มที่ ซึ่งในไข่แต่ละไข่จะมีไข่อยู่ 1 ใบ เมื่อไข่โตเต็มที่ก็จะขยายขนาดใหญ่อขึ้น และมีของเหลวบรรจุอยู่ภายใน ของเหลวนี้อุดมไปด้วยฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งมีหน้าที่ทำให้โคเป็นสัด

ในระยะที่โคอยู่ในวงจรการเป็นสัดไข่จะมากมายเหล่านี้อาจจะมีการพัฒนา แต่เมื่อถึงเวลาตกไข่จะมีไข่เพียงอันเดียวที่จะโตเต็มที่ และจะมีไข่เพียงใบเดียวที่อยู่ในไข่อันนี้เท่านั้นที่เจริญเต็มที่พอจะผสมกับอสุจิได้ ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า “ไข่สุก” เมื่อถึงเวลาตกไข่ไข่ใบนี้จะแตกออกปล่อย

ไข่ที่สุกอันเดียวนี้ลงสู่อวัยวะที่เรียกว่าปากแตร เพื่อที่จะไปผสมกับอสุจิเกิดการปฏิสนธิเป็นตัวอ่อนต่อไป ส่วนถุงไข่และไข่ใบอื่นๆ ที่ยังไม่เจริญเต็มที่ก็จะฝ่อและสลายตัวไปในที่สุด

2. ผลิตฮอร์โมนเพศเมีย โดยถุงไข่จะทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนขึ้นในช่องว่างของถุงไข่ในระยะที่ไข่ใกล้สุก ซึ่งฮอร์โมนชนิดนี้มีหน้าที่ทำให้โคเกิดอาการเป็นสัด หลังจากแม่โคเป็นสัดได้ประมาณ 30 ชั่วโมง ถุงไข่จะถูกฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองชื่อ ลูเทนไนซิงฮอร์โมน ทำให้ถุงไข่แตกจนไข่ที่อยู่ในถุงตกลงมา หลังจากมีการตกไข่แล้วส่วนของรังไข่บริเวณที่ถุงไข่แตกตัวจะมีลักษณะเป็นแผลสีเหลือง ที่เรียกว่าคอร์ปัสลูเทียม คอร์ปัสลูเทียมนี้จะค่อยๆ ขยายขนาดใหญ่ขึ้นและหลังฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนออกมา ฮอร์โมนนี้จะทำหน้าที่ยับยั้งการเป็นสัดและการสร้างไข่ของแม่โคในกรณีที่ไม่ตั้งท้อง แต่สำหรับแม่โคที่ไม่ตั้งท้องหลังจากผสมได้ 17 วัน คอร์ปัสลูเทียมจะเริ่มสลายตัวและหยุดผลิตฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เมื่อระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในกระแสเลือดต่ำลงก็จะทำให้แม่โคเป็นสัดอีกครั้งหนึ่ง

ท่อนำไข่ ท่อนำไข่เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ที่ต่อมาจากรังไข่ไปยังปีกมดลูก มีลักษณะเป็นท่อขนาดเล็ก ข้างในมีรูกลวง ตรงปลายของท่อนำไข่จะบานออกเป็นรูปปากแตร ท่อนำไข่มีจำนวน 1 คู่ ซ้ายขวาเท่ากับจำนวนของรังไข่และปีกมดลูก หน้าที่ของท่อนำไข่คือ นำไข่ที่ตกลงมาจากรังไข่เคลื่อนที่ไปผสมกับอสุจิ นำอสุจิจากมดลูกไปผสมกับไข่ที่ท่อนำไข่ส่วนต้น และนำไข่ที่ผสมแล้วเคลื่อนตัวไปที่มดลูก โดยหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้ จะเริ่มขึ้นเมื่อถุงไข่แตกและมีการตกไข่เกิดขึ้น ส่วนปลายของท่อนำไข่ที่มีลักษณะคล้ายปากแตรจะรองรับไข่ที่ตกลงมาไว้ จากนั้นไข่จะถูกขนที่มีลักษณะคล้ายนิ้วพัดให้เคลื่อนตัวไปตามท่อนำไข่เพื่อเดินทางไปสู่มดลูก หากช่วงนี้มีการผสมพันธุ์จริง หรือผสมเทียม ท่อนำไข่จะนำอสุจิจากมดลูกไปพบกับไข่บริเวณท่อนำไข่ส่วนต้น หรือที่ประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวท่อนำไข่ โดยนับจากส่วนปากแตรลงมา หากอสุจิกับไข่พบกันในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะมีการผสมเทียมกัน หรือที่เรียกว่า “การปฏิสนธิ” ขึ้น จากนั้นไข่ที่ได้รับการผสมแล้วก็จะเคลื่อนตัวไปตามท่อนำไข่เข้าสู่มดลูกเพื่อการตั้งท้องต่อไป



ภาพผนวกที่ 1 แสดงระบบอวัยวะสืบพันธุ์ของโคเพศเมีย

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 25)

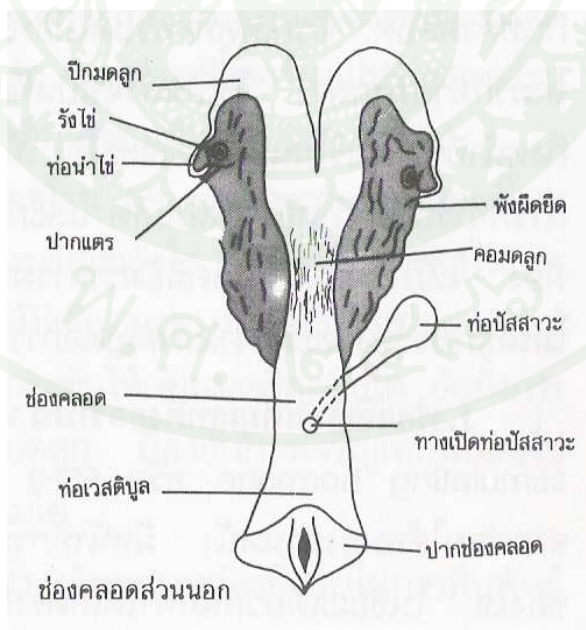
มดลูก มดลูกเป็นอวัยวะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในระบบสืบพันธุ์ของแม่โค ประกอบด้วยปีกมดลูก 2 ข้างซ้ายขวาต่อกับท่อนำไข่แล้วมารวมกันเป็นตัวมดลูก ในแม่โคมดลูกจะมีความยาวประมาณ 35-50 เซนติเมตร และส่วนที่เป็นปีกมดลูกจะยาวประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความยาวมดลูกทั้งหมด ลักษณะปีกมดลูกทั้งสองข้างจะแยกออกจากกัน บริเวณตัวมดลูกจะมีขนาดใหญ่ มดลูกมีหน้าที่บีบรัดตัวเพื่อส่งน้ำเชื้อที่ถูกปล่อยไว้เข้าสู่ท่อนำไข่ แต่หน้าที่หลักจริงๆ แล้วเป็นที่สำหรับอุ้มท้อง หรือการพัฒนารูปร่างของตัวอ่อน โดยปกติแล้วตัวอ่อนระยะแรกๆ จะมีการพัฒนาที่ปีกมดลูกด้านใดด้านหนึ่งที่มีการปฏิสนธิ แต่ส่วนมากมักจะเป็นด้านขวาของแม่โค ในการตรวจท้องจึงมักทำการตรวจในด้านขวา อย่างไรก็ตาม อาจมีแม่โคบางตัวที่มีการตกไข่ด้านซ้าย ในกรณีเช่นนี้ตัวอ่อนระยะแรกๆ ก็พัฒนาที่ด้านซ้ายของปีกมดลูก

ภายในมดลูกจะมีเนื้อเยื่อนุ่มๆ ลักษณะคล้ายฟองน้ำซึ่งประกอบไปด้วยต่อมที่ให้อาหารสำหรับเลี้ยงลูกอ่อนในระยะก่อนที่จะมีการสร้างรก และในเนื้อเยื่อนี้ยังมีปุ่มที่เรียกว่า “เม็ดกระดุม” ช่วยทำให้รกยึดติดกับมดลูก ผนังมดลูกมีลักษณะหนาประกอบด้วยกล้ามเนื้อหลายชั้น ในระหว่างการคลอดลูกกล้ามเนื้อดังกล่าวนี้จะบีบรัดตัว ช่วยขับลูกออกมาภายนอกร่างกาย

คอมดลูก คอมดลูกเป็นกล้ามเนื้อวงแหวนประกบกันเป็นจำนวนมาก มีผนังหนา มีรูหรือท่อตรงกลาง ท่อนี้เป็นทางเชื่อมระหว่างภายในมดลูกกับช่องคลอด ทางเปิดที่ติดต่อกับช่องคลอดเรียกว่า “ปากมดลูก” คอมดลูกของแม่โคโดยทั่วไปมีความยาวประมาณ 3-4 นิ้ว และมี

เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 นิ้ว คอมดลูกจะทำหน้าที่ปิดปากมดลูกเพื่อป้องกันเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมอื่นๆไม่ให้เข้าไปยังตัวมดลูก ซึ่งคอมดลูกจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามภาวะของโค กล่าวคือ ในระยะที่โคเป็นสัด คอมดลูกจะเปิดหรือคลายตัวเล็กน้อยเพื่อให้สูกิจเข้าไปภายในมดลูกได้ ระยะนี้เราจึงสามารถสอดเครื่องมือที่ใช้ผสมเทียมเข้าไปฉีดน้ำเชื้อในมดลูกได้ หลังจากการเป็น สัดสิ้นสุดลงแล้วปากมดลูกจะปิด ยิ่งในระหว่างการอุ้มท้อง กล้ามเนื้อวงแหวนที่คอมดลูกจะบีบตัวอย่างรุนแรง จนทำให้มีสารเหนียวชนิดหนึ่งออกมาอุดรูที่คอมดลูกเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคหรือ สิ่งแปลกปลอมจากภายนอกเข้าไปทำอันตรายต่อลูกอ่อนได้ แต่เมื่อถึงระยะใกล้คลอดส่วนของคอมดลูกจะขยายตัวมากจนทำให้ลูกโคคลอดออกมาได้

ช่องคลอด ช่องคลอดมีลักษณะเป็นท่อต่อจากคอมดลูกแล้วมาเปิดออกภายนอก ในแม่โค ช่องคลอดจะมีความยาวประมาณ 8 นิ้ว มีหน้าที่รองรับอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ขณะทำการผสมพันธุ์ เป็นทางผ่านของน้ำเชื้อ และเป็นทางผ่านให้ลูกโคออกเวลาคลอด ทางเปิดออกสู่ภายนอกของช่องคลอดเรียกว่า “ปากช่องคลอด” ซึ่งเป็นอวัยวะเพศส่วนนอกของระบบสืบพันธุ์แม่โค ปากช่องคลอดนี้ประกอบไปด้วย แคมใหญ่ แคมเล็ก ปุ่มกระสัน เยื่อพรหมจารี และเป็นที่ตั้งของต่อมบาร์โธลิน (bartolin) ที่ทำหน้าที่ขับน้ำเมือกเหลวๆลื่นๆออกมาในขณะที่แม่โคกำลังเป็นสัดหรือในขณะที่ทำการผสมพันธุ์



ภาพผนวกที่ 2 แสดงอวัยวะสืบพันธุ์ของโคเพศเมีย

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 27)

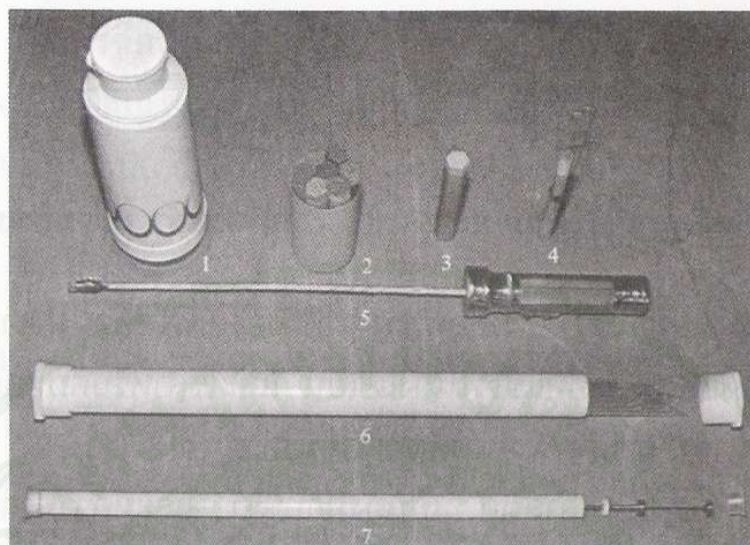
การนําน้ำเชื้อผสมเทียม

การนําน้ำเชื้อก็คือ การนําน้ำเชื้อฉีดเข้าไปในอวัยวะสืบพันธุ์ของแม่โคในขณะที่กำลังเป็นสัด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการผสมเทียมโค ผู้ที่จะทำการนําน้ำเชื้อผสมเทียมอาจจะเป็นเจ้าของที่ผสมเทียมของรัฐ หรือหน่วยงานอื่นๆที่มีหน้าที่ส่งเสริมการขยายพันธุ์สัตว์ แม้แต่ผู้เลี้ยงหรือเจ้าของฟาร์มโคเองก็สามารถที่จะทำได้ถ้ามีการศึกษาถึงวิธีการและฝึกหัดให้มีความชำนาญพอสมควร แต่ผู้ที่จะทำการนําน้ำเชื้อผสมเทียมโคให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องเป็นผู้ที่มีการฝึกฝนมาอย่างดี มีประสบการณ์ มีความรู้ความชำนาญ มีความละเอียดและปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆด้วยความรอบคอบ (วิเศษ โยกมา, 2549: 50)

เครื่องมือที่ใช้ในการนําน้ำเชื้อ (วิเศษ โยกมา, 2549: 60-62)

เครื่องมือเครื่องใช้ที่จำเป็นในการนําน้ำเชื้อผสมเทียมให้กับแม่โค มีดังต่อไปนี้

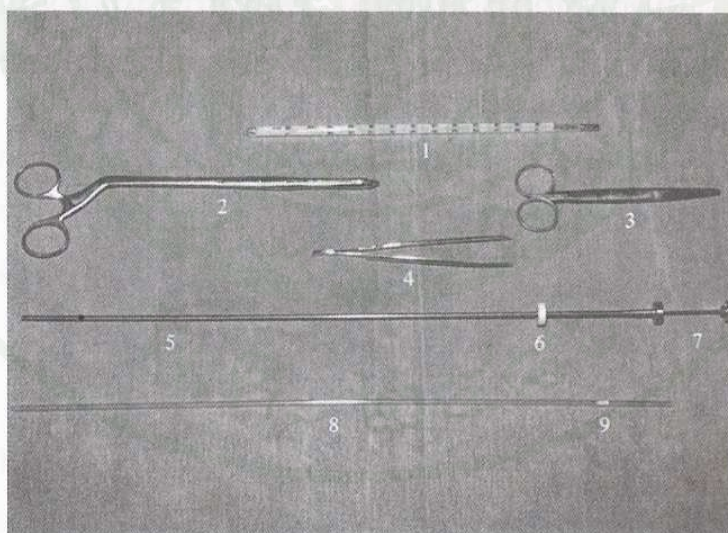
1. ถังเก็บน้ำเชื้อ ใช้สำหรับเก็บน้ำเชื้อให้อยู่ในสภาพแช่แข็ง โดยในถังจะต้องบรรจุไนโตรเจนเหลวให้มีปริมาณเพียงพออยู่ตลอดเวลา ซึ่งถังที่ใส่น้ำเชื้อไปผสมเทียมส่วนใหญ่มักเป็นถังไนโตรเจนขนาดเล็กเรียกว่า “ถังสนาม” เพราะมีน้ำหนักเบาและสามารถพกพาติดตัวได้ง่าย
2. กระจกใส่น้ำอุ่น นิยมใช้กระจกน้ำร้อนขนาดเล็ก เพื่อใส่น้ำอุ่นให้เก็บอุณหภูมิไว้ได้ประมาณ 35 องศาเซลเซียส สำหรับอุ่นน้ำเชื้อให้ละลายก่อนบรรจุในกระบอกนําน้ำเชื้อ
3. กระบอกนําน้ำเชื้อ มีลักษณะเป็นกระบอกยาวทำด้วยเหล็กไม่เป็นสนิม มีแกนสำหรับดันอัดน้ำเชื้อเพื่อฉีดผสม และมีแหวนพลาสติกสำหรับรัดปลอกพลาสติกที่สวมทับกระบอกนําน้ำเชื้ออีกมีหนึ่ง



1. ถังเก็บน้ำเชื้อ 2. กระบอกเก็บหลอดน้ำเชื้อ 3.-4. หลอดน้ำเชื้อ 5. ไฟฉายตรวจวัดระดับไนโตรเจนเหลว 6. ป्लอกพลาสติก 7. กระบอกฉีดน้ำเชื้อ

ภาพผนวกที่ 3 อุปกรณ์และเครื่องมือผสมเทียม

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 61)



1. เทอร์โมมิเตอร์ 2. ปากคีบด้ามยาว 3. กรรไกร 4. ปากคีบ 5. กระบอกฉีดน้ำเชื้อ 6. แหวนรัดปลอกพลาสติก 7. แกนเหล็กคั่นน้ำเชื้อ 8. ปลอกพลาสติก

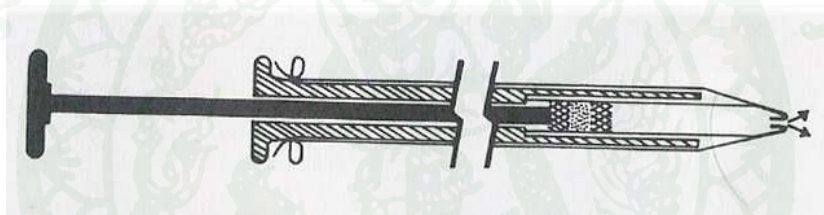
ภาพผนวกที่ 4 อุปกรณ์และเครื่องมือผสมเทียม

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 61)

4. ปลอกพลาสติก มีลักษณะเป็นหลอดพลาสติกบาง ส่วนมากมีสีขาวใส และขนาดใหญ่กว่ากระบอกฉีดน้ำเชื้อเล็กน้อย ใช้สำหรับสวมทับกระบอกฉีดน้ำเชื้อเวลาบรรจุหลอดน้ำเชื้อเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันไม่ให้หลอดน้ำเชื้อหลุดออกมาจากกระบอกโลหะ ปลอกพลาสติกนี้ใช้ได้เพียงครั้งเดียวแล้วต้องทิ้งไปเลย

5. กรรไกร เป็นกรรไกรเล็กธรรมดา แต่ต้องมีความคมพอสมควร ใช้สำหรับตัดปลายหลอดน้ำเชื้อ หรืออาจใช้มีดโกนแทนก็ได้

6. คีมคีบหลอดน้ำเชื้อ ใช้สำหรับคีบหลอดน้ำเชื้อ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “หลอดฟาง” ที่กำลังเย็นจัดออกมาจากกระบอกใส่หลอดน้ำเชื้อที่แช่ไว้ในถังแช่เย็น และใช้สำหรับคีบหลอดน้ำเชื้อขึ้นมาจากกระดิกน้ำอุ่นหลังละลายน้ำเชื้อแล้ว

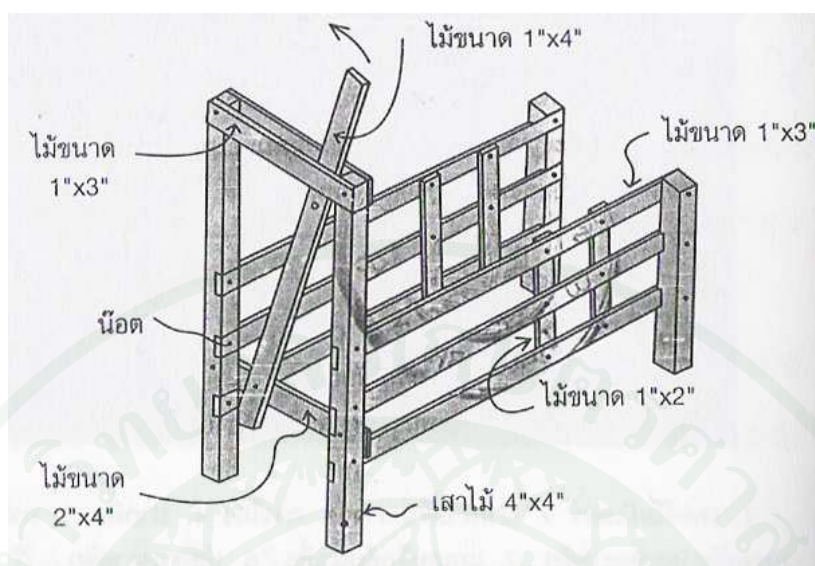


ภาพผนวกที่ 5 กระบอกฉีดน้ำเชื้อที่บรรจุหลอดน้ำเชื้อเรียบร้อยแล้ว พร้อมนำไปฉีด
ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 62)

7. ถุงพลาสติก เป็นถุงมือบางๆ และมีความยาวจรดโคนแขน ใช้สวมเวลาล้างตรวจทางทวารหนักเพื่อตรวจการเป็นสัดและการฉีดน้ำเชื้อ ซึ่งเมื่อใช้แล้วต้องทิ้งไปเลย

8. เทอร์โมมิเตอร์ ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำอุ่นในกระดิก

9. สมุดบันทึกการผสมเทียม เพื่อทำการบันทึกว่าแม่โคได้รับการผสมเทียมเมื่อใด พ่อพันธุ์น้ำเชื้อ ชื่อ เบอร์อะไร และเพื่อทราบถึงจำนวนโคที่ได้รับการผสมเทียมไปแล้ว



ภาพผนวกที่ 6 ของผสมเทียมโค

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 62)

วิธีการนวดน้ำเชื้อ (วิเศษ โยกมา, 2549: 63-74)

วิธีการนวดน้ำเชื้อมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่ได้ผลดี ง่ายและสะดวก ได้แก่ วิธีนวดน้ำเชื้อโดยใช้มือ ล้วงคลำทางทวารหนัก ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. นำแม่โคที่จะผสมเข้าของบังคับ หรือบังคับให้อยู่นิ่งด้วยวิธีอื่นๆ ที่ไม่รุนแรง เพื่อให้แม่โคตื่นตกใจ

ควรมีไม้หรือเชือกอ้อมขาหลังกันอันตรายจากแม่โคเตะ ทั้งนี้เพื่อจะสะดวกในการปฏิบัติงานและมีความปลอดภัย

2. ผู้ปฏิบัติหรือผู้ฝึกผสมเทียมแต่งชุดกันเปื้อน ถอดแหวนเครื่องประดับออกจากมือและนิ้ว ทำการแต่งเล็บมือให้สั้นทุกนิ้ว แล้วตะไบลบคมเล็บออกให้หมด สวมถุงมือ ทาวาสลิน ใส่รองเท้าน้ำบูต และสวมผ้ากันเปื้อนคลุมตัว

3. ใช้น้ำล้างทำความสะอาดบนท้ายของแม่วัว บริเวณโคนหาง ปากทวารหนักและบริเวณช่องคลอด เมื่อเห็นว่าสิ่งสกปรกออกหมดแล้ว ให้ใช้ผ้าขนหนูผืนเล็กๆ จุ่มน้ำยาและเช็ดบริเวณปากช่องคลอดให้แห้ง

4. ให้ผู้ช่วยทำการจับหางแม่วัวยกขึ้น หรือผูกหางไว้

5. ใช้สบู่หรือสารหล่อลื่นทามือที่ล้างให้ทั่ว ทำการล้างอุจจาระออกจากทวารหนัก วิธีการเข้าปฏิบัติต่อโคจำเป็นจะต้องระมัดระวังถึงแม้ว่าช่องจะแข็งแรง หรือว่าโคเชื่อง เตะไม่ได้ก็อย่าได้ไว้ใจ ให้ยืนเอียงข้างเข้าหาโค โดยการก้าวเท้าซ้ายออกไปข้างหน้าเข้าหาตัวโค ยืนห่างจากตัวโคให้พอเหมาะที่จะหลีกเลี่ยงการเตะถูกตัวผู้ฉีดเชื้อได้

ในขั้นแรกสำหรับมือใหม่ อาจจำเป็นต้องฝึกหัดตรวจคลำคอมดลูกให้ได้เสียก่อน และตรวจว่าแม่โคนั้นเป็นสัจจริงหรือไม่ โดยตรวจอวัยวะภายในด้วยการล้วงตรวจทางทวารหนัก ถ้าแม่โคเป็นสัจจริงและอยู่ในระยะพอเหมาะในการผสม จะตรวจพบปีกมดลูกทั้งสองข้างแข็งเป็นลำโค้งเท่าๆกัน มดลูกไม่มีการกระเพื่อมน้ำ และพบถุงไข่ที่ฝังไข่ด้านใดด้านหนึ่ง แต่ถ้าพบว่ามดลูกไม่แข็งตัวเป็นลำโค้ง ปีกมดลูกไม่เท่ากัน มีการกระเพื่อมน้ำ หรือมีลักษณะที่ผิดปกติอื่นๆ ต่างไปจากที่เคยพบในแม่โคที่เป็นสัจ ก็ไม่ควรทำการผสม

ถ้าแม่โคเป็นสัจจริงและไม่มีความผิดปกติอื่นๆ ให้ทำความสะอาดช่องคลอดและบริเวณใกล้เคียง โดยการล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษชำระหรือผ้าที่สะอาด

6. เตรียมน้ำเชื้อสำหรับใช้ในการผสม โดยใช้ปากคีมหยิบหลอดน้ำเชื้อออกจากถังเก็บน้ำเชื้อขนาดเล็กที่ใช้แช่หลอดน้ำเชื้อไว้ตลอดเวลาด้วยในโตรเจนเหลว นำมาละลายในกระติกบรรจุน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 34-35 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที ใช้ปากคีมหยิบขึ้นมาเช็ดจนแห้ง แล้วสวมเข้าปลายด้านที่ปิดผนึกอยู่ด้านนอก ตัดปลายหลอดด้วยกรรไกร แล้วสวมปลอกพลาสติกหุ้มทับกระบอกฉีดน้ำเชื้ออีกชั้นหนึ่งเพื่อนำไปฉีดผสม น้ำเชื้อที่ละลายแล้วจะต้องทำการฉีดผสมให้แม่โคภายใน 15 นาที

7. จะต้องเอามือลูบบนท้ายโคเสียก่อน โดยเฉพาะบริเวณที่โคนหางตอนล่างโคจะชอบทำนี้เพื่อลดการตื่นตกใจของโค จากนั้นใช้นิ้วชี้เข้าไปในช่องทวารหนักเพื่อให้โครู้สึกตัว เมื่อโครู้สึกตัวแล้วก็ให้สวมปลายนิ้วทั้งห้า(จับมือเป็นรูปกรวย)เข้าหากัน แล้วค่อยๆ สอดแทรกหย่อนปลาย

นิ้วมือหมุนไปมา 2-3 ครั้ง แล้วดันผ่านเข้าสู่หูรูดของช่องทวารหนักเข้าไป โดยใช้แรงดันตามจังหวะการบีบรัดตัวของกล้ามเนื้อหูรูดที่ทวารหนัก ผู้ปฏิบัติต้องหยุดสอดมือเข้าไปเมื่อมีการบีบตัวของกล้ามเนื้อหูรูด และทำการดันมือเข้าไปเมื่อมีการผ่อนคลายของกล้ามเนื้อ บางครั้งอาจต้องใช้แรงจากน้ำหนักตัวผู้ปฏิบัติโถมเข้าช่วยด้วย

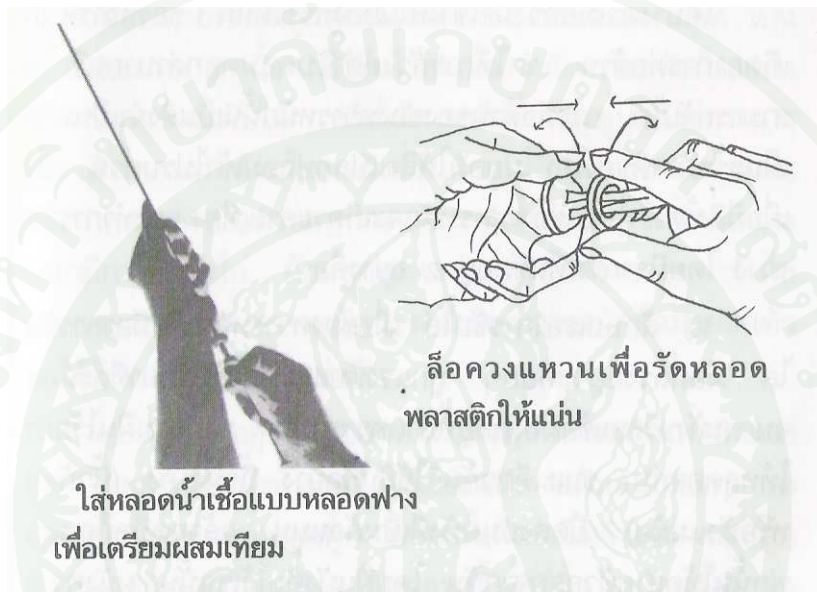
8. เมื่อล้วงมือสอดผ่านเข้าไปทางช่องทวารหนัก ทำการล้วงอุจจาระออกจากช่องทวารหนัก เวลาล้วงเข้าไปให้คว่ำฝ่ามือลง พยายามไขว่คว้าเข้าสู่ตอนลึกของช่องทวารหนัก จนถึงอุจจาระก้อนสุดท้าย แล้วค่อยๆ กวาดและโกยบีบไล่อุจจาระออกมาครั้งละมากๆ โดยไล่จากนิ้วชี้มาทางนิ้วก้อย ให้อุจจาระไหลแทรกออกมาทางอุ้งมือออกมานอกทวารหนัก เวลาบีบไล่อุจจาระออกมานี้อย่าดึงมือหรือกำอุจจาระออกมานอกช่องทวารหนัก เพราะถ้าทำเช่นนั้นอาจทำให้อากาศภายนอกแทรกเข้าไปแทนที่อุจจาระและมือที่ดึงออกมา ช่องทวารหนักจะเกิดเป็นลูกโป่ง คือ โป่งลมในช่องทวารหนัก จะทำให้ยากต่อการตรวจคลำคลุก และทำให้ช่องทวารหนักเกิดระบมได้

โคบางตัวเมื่อล้วงมือเข้าไปในช่องทวารหนัก ช่องทวารหนักเกิดอาการต่อต้าน ทำให้การล้วงคลำจับคอมดลูกลำบาก หรือไม่สามารจับได้ การต่อต้านของช่องทวารหนักนั้นเป็นสิ่งจำเป็นหรือเป็นธรรมชาติของโคที่ไม่ยอมให้สิ่งแปลกปลอมเข้าไปรบกวน ซึ่งเมื่อมีสิ่งใดเข้าไปในช่องทวารหนักจะเกิดระคายเคือง และทำการขัดขวาง โดยมีอาการเห็นชัดอยู่ 2 อย่าง คือ

1.) ลักษณะอาการขับไล่ เมื่อช่องทวารหนักเกิดมีอาการขับไล่ มือที่ล้วงอยู่จะค่อยๆ ถูกแรงบีบและดันให้ออกมาทีละน้อย จนกระทั่งบริเวณข้อมือมาอยู่ที่ปากทวารหนัก พยายามฝืนไว้อย่าให้หลุดออกมา ขณะเดียวกันก็ใช้สันมือข้าง นิ้วมือข้าง (นิ้วก้อยหรือนิ้วหัวแม่มือ) ยึดลงบนผนังที่เป็นก้อนนูน แล้วกดยึดก้อนลูกฟูกนั้นไว้ให้คลายตัวออกจากกัน โดยฝืนบังคับไว้เช่นนั้น ผนังทวารหนักก็จะหย่อนตัวและกดจับได้ง่าย หรือถ้าเกิดขับไล่ขณะที่กำลังจับคอมดลูกเพื่อทำการสอดหลอดอยู่ ก็ให้ปล่อยคอมดลูกแล้วจึงมือลงบนผนังทวารหนัก ให้ออยนิ้วชี้ขึ้นมาจากจุดเดิมประมาณ 2 เซนติเมตร จะพบว่ายังมีจุดตำแหน่งใหม่ที่หย่อนไม่ถึงตัว สามารถกดและกางนิ้วออกได้ง่าย และสามารถซ่อนจับคอมดลูกได้

2.) เกิดลักษณะอาการโป่งลม อาการแบบนี้ลูกฟูกจะไปจุกรวมกันในตอนลึกของช่องทวารหนัก ทำให้บริเวณตอนต้นของช่องทวารหนักเกิดเป็นโพรง ผนังช่องทวารหนักตึงตัวกดไม่ลงเมื่อเกิดอาการเช่นนี้ห้ามฝืนกดนิ้วลงไปเป็นอันขาด เพราะจะทำให้ผนังช่องทวารหนักฉีกขาดเลือดออก ดังนั้นควรจะทำกาแก้ไขเสียก่อน โดยให้ยึดก้อนลูกฟูกตอนในนั้นด้วยนิ้วหัวแม่มือและ

นิ้วก้อย ค่อยๆ ยึดก้อนลูกฟูกนั้นให้คลายตัวกลับออกมาเข้าที่ เป็นระยะประมาณ 2 นิ้ว แล้วขึ้นไว้ เช่นนั้น ผนังทวารหนักก็จะอ่อนตัวสามารถกดลงจับได้ หรือหงายมือขึ้นและลูบผนังช่องทวารหนัก ด้านบนจากด้านในมายังส่วนท้าย เป็นการกระตุ้นเส้นประสาทและการบีบตัวของทวารหนัก ทำซ้ำหลายๆ ครั้งจนทวารหนักมีการบีบไล่ตัว ก้อนลูกฟูกจะคลายตัวกระจายออก ขับไล่อากาศออกมา นอกทวารหนัก ผนังช่องทวารหนักก็จะหย่อนตัวทำให้จับคอมดลูกได้ง่ายเช่นกัน



ภาพผนวกที่ 7 การใส่หลอดน้ำเชื้อเพื่อเตรียมผสม

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 65)

9. เมื่อล้วงอุจจาระออกหมดแล้วให้ทำการคลำหาท่อคอมดลูก โดยการจัดผนังทวารหนักให้หย่อนตัว แล้วแบมือออก กดปลายนิ้วมือลงบนลอนลูกฟูก พร้อมทั้งดึงฝ่ามือเข้าออก กดปลายนิ้วมือลงบนลอนลูกฟูก พร้อมทั้งดึงฝ่ามือเข้าออก ลอนลูกฟูกก็จะเคลื่อนตัวไปมาติดอยู่กับปลายนิ้วทั้งสองนิ้ว พร้อมทั้งจะพบกลุ่มอวัยวะสืบพันธุ์ อวัยวะส่วนแรกที่พบ คือ ท่อคอมดลูก (ซึ่งมีลักษณะสะดุดมือ รู้สึกมีลักษณะลำตัวเป็นท่อทรงกระบอก) ให้วางมือตามแนวยาวของคอมดลูก เบนนิ้วทั้งสองไปทางด้านซ้ายแล้วกดมือทั้งหมดให้ต่ำลงจนเกือบติดกระดูกเชิงกรานตอนล่าง แล้วใช้ปลายนิ้วทั้งสองสไลด์ไปทางขวาอยู่ในลักษณะหงายฝ่ามือขึ้น คือ ใช้มือซ้อนท่อคอมดลูกนั่นเอง แล้วจึงใช้หัวแม่มือจับท่อคอเพื่อให้ถนัด เวลาจับให้จับในลักษณะหงายฝ่ามือ

10. เมื่อจับท่อคอมดลูกได้แล้ว ให้เลื่อนมือมาจับปากของคอมดลูก สำรวจว่าปากทางเข้าอยู่ที่ไหน โดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วก้อยขนาบ 2 ด้านของมดลูก แล้วใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางเลื่อนออกมาทางด้านซ้าย โดยการคืบคอมดลูกไว้เบาๆ พร้อมทั้งใช้นิ้วหัวแม่มือสัมผัสช่องเปิดภายนอกของคอมดลูก ให้ผู้ปฏิบัติทำการศึกษาระยะประมาณขนาดของปากมดลูกและคอมดลูก ควรจะมีการฝึกคลำสัมผัสให้มีความชำนาญ โดยการเลื่อนมือซ้อนจับเข้าออกให้ทราบจุดเริ่มต้น จุดปลายสุดของท่อ ความยาวของท่อ ความแข็งความอ่อนของท่อเป็นอย่างไร และสามารถจับได้ถนัดมือไม่หลุดสามารถกระดุกกระดิกขึ้นลงได้

11. เมื่อคลำต่อมาทางด้านท้ายหรือด้านปากของคอมดลูก จะเป็นช่องคลอดซึ่งมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกแต่มีความอ่อนนุ่มยากแก่การสัมผัส

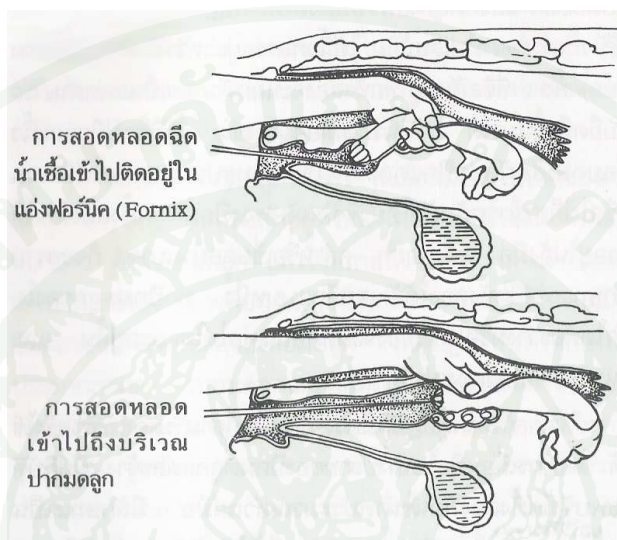
12. ทำการเลื่อนมือลึกเข้าไปในทางด้านหน้าของคอมดลูก จะเป็นส่วนของตัวมดลูกซึ่งมีลักษณะอ่อนกว่าคอมดลูก

13. เมื่อทำการคลำต่อจากตัวมดลูกลึกเข้าไปทางด้านหน้าจะพบทางแยก 2 ทาง เป็นปีกมดลูกทั้งสองข้าง มีลักษณะเป็นทอกล้ามเนื้อไม่แข็ง ก่อนข้างนิ่มและโค้งต่ำลงไป ส่วนต้นของปีกมดลูกทั้งสองจะมีแผ่นเอ็นยึดอยู่ ผู้ปฏิบัติจะต้องล้วงลึกลงไปโดยการแบมือออก แล้วกดปลายนิ้วให้โค้งตามลงไป ก็จะพบทางแยก โดยใช้นิ้วกลางกดลงไปเล็กน้อย ให้นิ้วกลางอยู่ระหว่างปีกมดลูก (ทางแยก) ทั้ง 2 ที่ชิดกันอยู่ ท่อทั้งสองจะแยกตัวออกเป็นแฉกสามารถจับยึดดึงขึ้นมาได้ ส่วนนิ้วที่เหลืออยู่ เช่น นิ้วหัวแม่มือและนิ้วก้อยคลำสัมผัสทอปีกแต่ละข้างก็จะทราบรูปร่างของท่อได้ชัดเจนหรือไม่ก็สามารถสัมผัสโดยวิธีซ้อนจับพวงปีกมดลูกทั้งสองข้างให้มาอยู่ในอุ้งมือ แล้วค่อยๆ คลำหรือเชียวดูอย่างเบาๆ ก็จะทราบลักษณะทอปีกทั้งสองได้ชัดเจนอีกแบบหนึ่ง ท่อปีกมดลูกของโคตัวใดท้องว่างหรือโคไม่ท้อง จะมีลักษณะทอไม่โตและอยู่ตื้น และขนาดของท่อทั้งสองเท่ากัน

14. ถ้าหากผู้ปฏิบัติมีความชำนาญก็สามารถคลำตรวจรังไข่ได้ โดยการเลื่อนมือไปทางปลายของปีกมดลูกแต่ละข้าง ผู้ปฏิบัติจะพบรังไข่ทั้งสองก้อนขนาดประมาณหัวแม่มือ มีลักษณะเป็นก้อนคล้ายเนื้อแข็งรูปร่างกลมแบนยาว ล้อมจับพออยู่อย่าบีบแรง สัมผัสให้รู้ขนาดและรูปร่าง สัมผัสให้รวมทั้งก้อนเพื่อต้องการทราบว่าผิวก้อนรังไข่นั้นเรียบหมด หรือมีจุดสะดุดขนาดเล็กเป็นก้อนใดแข็งๆ นูนออกมา ก้อนรังไข่ที่ปฏิบัติหน้าที่ในการสืบพันธุ์จะมีขนาดดังกล่าวไม่เล็กหรือไม่ใหญ่เกินไปและผิวต้องไม่เรียบตลอด มีจุดนูนแข็งสะดุดหนึ่งที่หรือมากกว่านี้ก็ได้ เมื่อทราบแล้วทำ

การหาข้างซ้ายและให้ทำการสัมผัสดูแบบข้างแรก ถ้าหากมีความชำนาญก็สามารถตรวจสอบได้ว่ามีรังไข่ขนาดเท่าใด และมีคอร์ปัสลูเทียม และกระเปาะไข่อยู่หรือไม่ ขนาดใด

15. เมื่อสามารถตรวจคลำคอมดลูกได้แล้วจึงสอดหลอดฉีดน้ำเชื้อผ่านคอมดลูก



ภาพผนวกที่ 8 แสดงการใช้มือช่วยนำทางให้ปลายหลอดฉีดน้ำเชื้อเข้าสู่คอมดลูก
ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 70)

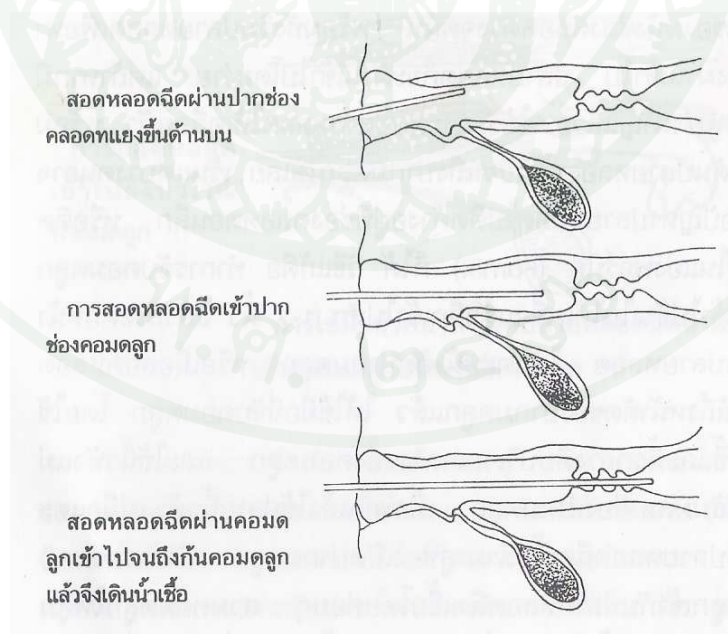
ใช้หลอดพลาสติกที่ฆ่าเชื้อแล้วค่อยๆ สอดหลอดเข้าไปในช่องคลอดโดยให้สอดหลอดขึ้นในแนว 45 องศากับพื้นราบ (เพื่อป้องกันไม่ให้ปลายหลอดหลงเข้าไปในช่องกระเพาะปัสสาวะ ถ้าสอดหลอดเข้ากระเพาะปัสสาวะ โภจะแสดงอาการให้เห็น คือ หลังโก่ง หรือจะมีปัสสาวะออกมา) เมื่อสอดหลอดพลาสติกสัมผัสผนังด้านล่าง พยายามให้ปลายหลอดไปสะกิดกับคริสโตริสติก 2-3 ครั้ง แล้วสอดหลอดพลาสติกให้สัมผัสกับผนังด้านบนช่องคลอดและค่อยๆ เบนให้หลอดพลาสติกอยู่ในแนวราบ และค่อยๆ สอดให้ถึงบริเวณปากช่องคลอด เมื่อสอดปลายหลอดเข้าไปในช่องคลอดแล้ว (อาจเข้าถึงกึ่งกลางหรือปลายสุดของช่องคลอด) ก็ทำการล้วงมือเข้าไปในช่องทวารหนักเพื่อล้วงอุจจาระออกให้หมด แล้วรีบซ่อนจับคอมดลูกเพื่อสำรวจดูว่าปลายหลอดเข้าถึงปากมดลูกแล้วหรือยัง ถ้าหากว่าปลายหลอดยังเข้าไปไม่ถึงปากมดลูก ก็ให้ปฏิบัติดังนี้

ทำการกระดิกปลายหลอดฉีดน้ำเชื้อขึ้นลง เพื่อให้เกิดการขยับตัวของผนังช่องคลอดตรงจุดนั้น พร้อมทั้งจิ้มปลายหลอดเพื่อหาช่องผ่านเข้าไป ปลายหลอดก็จะผ่านเข้าไปโดยง่าย แต่ถ้าหากมี

ความชำนาญแล้วอาจใช้วิธีกระดกปลายหลอดให้เคลื่อนตัว พร้อมทั้งดันปลายหลอดเข้าไปจนถึงปากมดลูกได้เลย เว้นแต่บางคนอาจเจอปัญหาปลายหลอดไปติดค้างอยู่ที่ช่องคลอดตอนลึก หรือติดอยู่ในแอ่งฟอร์นิก (Fornix) ก็ได้ วิธีแก้คือ ทำการจับคอมดลูกรั้งเข้าไปข้างในให้เคลื่อนตัวลึกเข้าไปสัก 1-2 นิ้ว แล้วกระดกหน้าตัดปลายหลอด ให้ตะหนัสดปากมดลูก หรือเมื่อสอดหลอดใกล้ถึงหน้าตัดของปากมดลูกแล้ว ให้ใช้มือที่จับคอมดลูก โดยใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางคิบบริเวณกลางของคอมดลูก และใช้นิ้วหัวแม่มือสัมผัสหาช่องเปิดมดลูก เมื่อพบแล้วใช้ปลายนิ้วหัวแม่มือแตะกับปลายหลอดนิดเขื่อนำมาสู่ช่องเปิดปากมดลูก ทำการสวมคอมดลูกเข้ากับปลายหลอดนิดเขื้อโดยค่อยๆ สวมคอมดลูกให้หุ้มกับหลอดนิดเขื้อโดยมือที่ถือหลอดนิดเขื้อคงถือนิ่งอยู่กับที่ ส่วนมือที่จับคอมดลูกให้ค่อยๆ ดัดให้คอมดลูกตรงทิศทางกับแนวของหลอด จนกระทั่งสอดหลอดผ่านช่องเปิดภายในคอมดลูกเข้ามาอยู่ที่บริเวณตัวมดลูกได้

ในการสอดหลอดแต่ละครั้ง ต้องคอยสังเกตว่าการสอดหลอดแรงหรือนักไปหรือไม่ ก็ให้ดูที่ปลายหลอด ถ้าหากว่ามีเลือดติดอยู่ที่ปลายหลอดแสดงว่าการสอดหลอดยังไม่ดีพอ

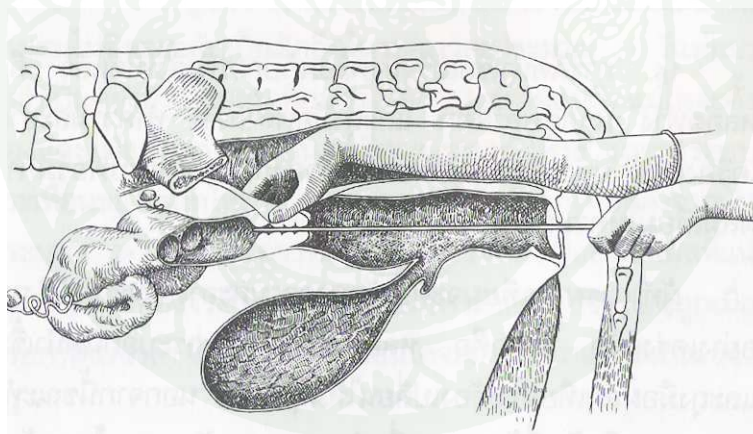
16. การสอดหลอดนิดเขื้อเข้าสู่ช่องทางปากมดลูก หรือเข้าสู่ภายในมดลูกนั้น จะต้องทำด้วยอาการนุ่ม เบา และกระทบสิ่งกีดขวางให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชอกช้ำแก้มดลูก



ภาพผนวกที่ 9 แสดงการสอดหลอดนิดเขื้อผ่านเข้าไปในอวัยวะเพศแม่โค

ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 72)

ในขั้นแรก จะต้องนำหลอดฉีดเข้าไปแตะหน้าตัดปากมดลูกเสียก่อน มือที่จับคอมดลูกอยู่ และมือที่ถือหลอดฉีดอยู่ความรู้สึกทั้งสองมือจะช่วยบอกได้ชัดเจน ลักษณะที่ปลายหลอดเข้าไปถึงปากมดลูกจริงๆ เมื่อจิ้มหลอดฉีดจะรู้สึกว่ปลายหลอดไปกระทบ โคนกล้ามเนื้อแข็งที่หน้าตัด เมื่อกระดิกหาบริเวณแถวหน้าตัดจุดอื่นต่อไปจะพบรูเข้า ซึ่งมีความรู้สึกว่ปลายหลอดได้จ่อหรือล้าเข้าไปได้บ้างแล้ว ให้ทำการตรึงหลอดจี้จุดนั้นไว้ เคลื่อนหลอดให้ลึกเข้าไปอย่างนุ่มและเบา โดยการกระดิกที่คอตรงบริเวณขอบปากมดลูกให้เคลื่อนตัวนิดๆ โดยใช้หัวแม่มือบีบกดลงบนท้องคอมดลูก ถ้าปลายหลอดตรงรูยอมจะเคลื่อนลึกเข้าไปได้โดยง่ายและเบา ไม่กระทบมดลูกมาก บางครั้งการสอดหลอดจะเข้าได้ง่าย แต่บางครั้งหลอดจะเข้าไปติดเปราะ ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อน กล้ามเนื้อแข็งนูนออกมาภายในโพรงท้องคอมดลูกหลายก้อน ซึ่งแล้วแต่ตัวโคด้วย บางตัวก็ไม่มี บางตัวมี 2-3 เปราะ พยายามบังคับหรือสอดให้ถึงบริเวณสุดท้องมดลูก หรือล้าเข้าไปสู่บริเวณตัวมดลูก ตรวจคลำดูให้แน่นอนว่ปลายหลอดอยู่ตำแหน่งนั้นจริงหรือไม่ โดยคลำดูปลายหลอดฉีดเชื่อว่าเลยทางแยกของปีกมดลูกไปแล้วหรือยัง ถ้าปลายหลอดเลยไปที่ให้ดึงหลอดออกออกมา เมื่อแน่ใจแล้ว จึงทำการบีบน้ำเชื้อออกจากหลอด



ภาพผนวกที่ 10 แสดงการฉีดน้ำเชื้อโคตัวผู้เข้าไปในมดลูกโคตัวเมียที่เป็นสัตว์ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 73)

17. การฉีดน้ำเชื้อเสร็จลงพร้อมกับการทิ้งสิ่งที่ใช้แล้ว คือ หลอดฟาง ปลายพลาสติก และถุงมือพลาสติก ทำความสะอาดเครื่องมือด้วยน้ำยาผสมยาฆ่าเชื้อ แล้วลงบันทึกในแบบฟอร์มการผสมเทียมให้ครบถ้วน

ผู้ทำการผสมเทียมจะต้องรักษาความสะอาดขณะปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด กล่าวคือ หลอดพลาสติกหุ้มกระบอกฉีดน้ำเชื้อและถุงมือผสมเทียมจะต้องเปลี่ยนใหม่ทุกครั้ง นอกจากนี้ขณะทำการผสม มือข้างที่ล้วงทวารเพื่อทำการตรวจอวัยวะภายในจะต้องสวมถุงมือยาว มีผ้ายางกันเปื้อนคาดตลอดด้านหน้า และสวมรองเท้านิรภัยเพื่อป้องกันการเปื้อนอุจจาระ ภายหลังการปฏิบัติงานจะต้องล้างเครื่องแต่งตัวให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำที่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อโรคทุกครั้ง





ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองยางพารา

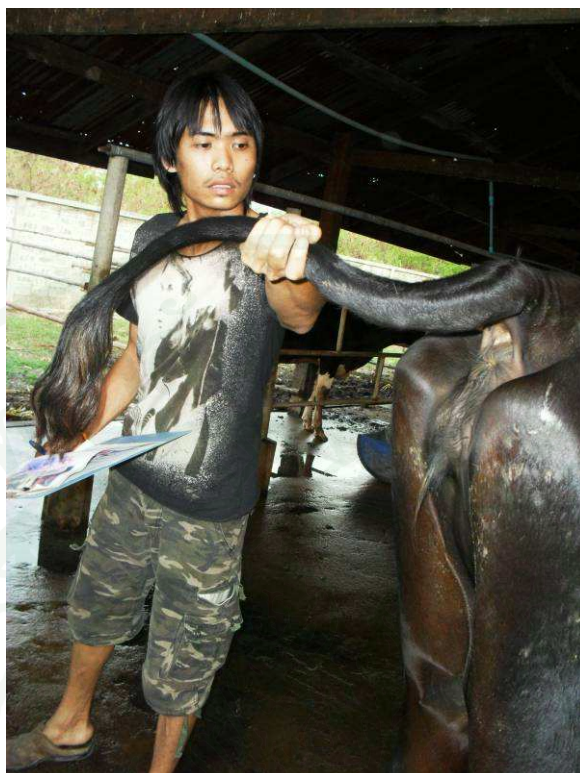
ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองทางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การปั้นรูปต้นแบบ
2. การทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
3. การหล่อชิ้นงาน
4. การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. การสร้างฐานที่ตั้งหุ่นจำลอง
6. การประกอบชิ้นงาน

1. การปั้นรูปต้นแบบ

การปั้นรูปต้นแบบสำหรับการสร้างหุ่นจำลอง จะต้องศึกษาข้อมูลจากของจริง ซึ่งมีรายละเอียด สัดส่วน ความถูกต้อง ในการสร้างสื่อหุ่นจำลองในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวัดขนาดความสูงอ้างอิงจากโคจริงจำนวน 10 ตัว (ภาพผนวกที่ 11-14) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดขนาดความกว้างและความสูงของหุ่นจำลองและฐานที่ตั้งหุ่นจำลอง โดยได้ค่าเฉลี่ยความสูงจากพื้นถึงรูทวารหนักเท่ากับ 150 ซม. และความกว้างเท่ากับ 90 ซม. สำหรับรายละเอียดบางส่วนที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก เช่น มดลูก ถุงรังไข่ ผู้วิจัยศึกษาจากของจริง ตำรา ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญ(ภาพผนวกที่ 15-18) เมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามความเป็นจริงครบถ้วนทุกด้านแล้ว จึงนำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาวางแผนในการปั้นรูปต้นแบบ กรณีนี้การปั้นรูปต้นแบบเป็นระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบไปด้วยอวัยวะเพศ ทวารหนัก ตัวท่อมดลูก และท่อคอมดลูกภายในวัตถุประสงค์คือ ต้องการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยให้ส่วนประกอบต่างๆมีความใกล้เคียงของจริงให้มากที่สุด



ภาพผนวกที่ 11 ศึกษาส่วนประกอบต่างๆของระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียจากของจริง



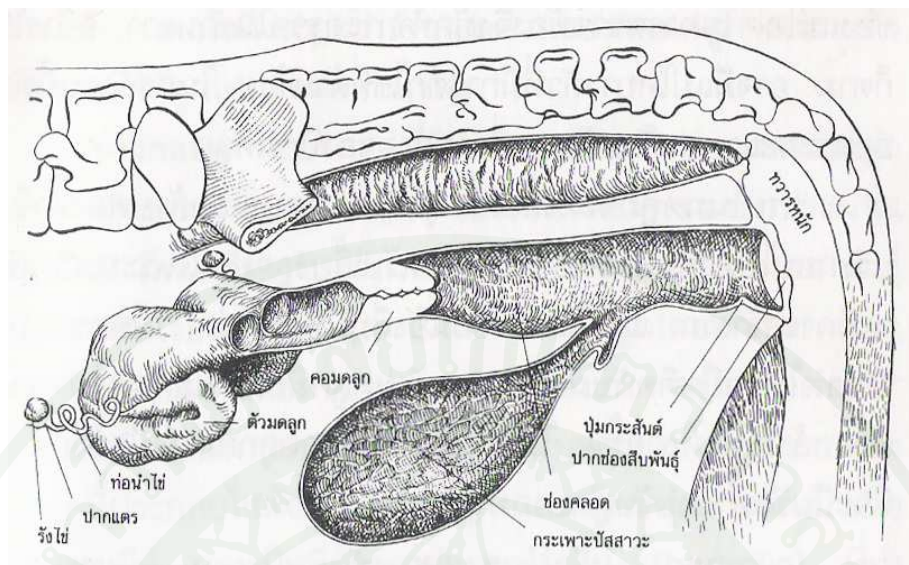
ภาพผนวกที่ 12 วัดขนาดจากโคจริงเพื่อกำหนดขนาดของหุ่นจำลอง



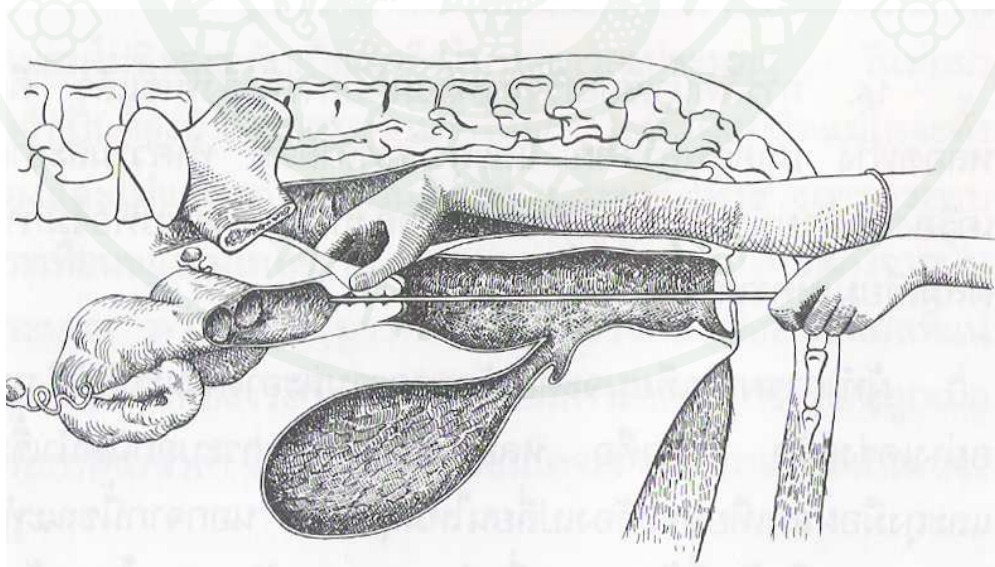
ภาพผนวกที่ 13 วัดขนาดความสูงจากโคจริง



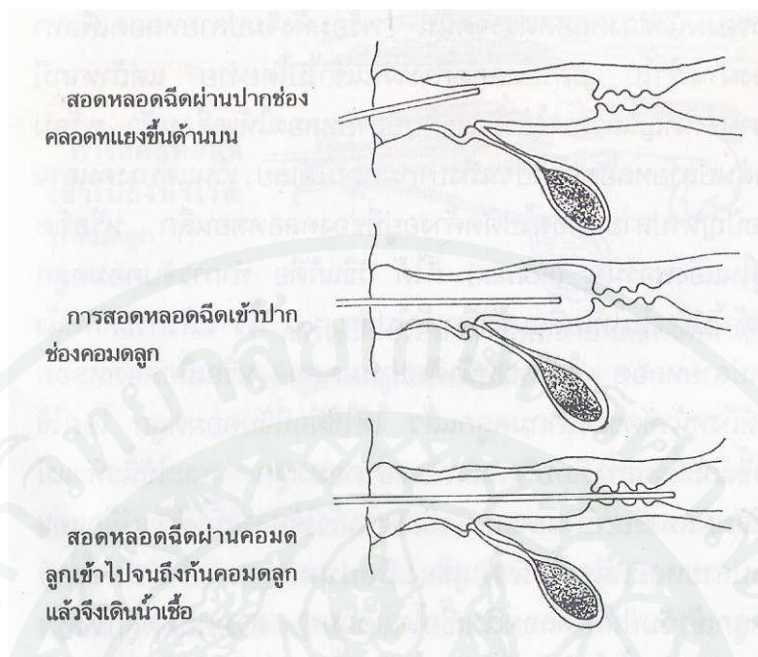
ภาพผนวกที่ 14 วัดขนาดความกว้างจากโคจริง



ภาพผนวกที่ 15 ภาพวาดแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของอวัยวะระบบสืบพันธุ์ภายในโค
ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 25)



ภาพผนวกที่ 16 ภาพวาดแสดงอวัยวะภายในของโคพร้อมลักษณะการจับผสมเทียม
ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 73)



ภาพผนวกที่ 17 ภาพวาดแสดงลักษณะภายในของท่อมดลูกและการสอตลอดฉีดน้ำเชื้อ
ที่มา: วิเศษ โยกมา (2549: 72)



ภาพผนวกที่ 18 มดลูกโคของจริง

เมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากพอแล้วจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้อ้างอิงในการปั้นรูปต้นแบบ โดยวัสดุที่ใช้ในการปั้นรูปต้นแบบ จะต้องคำนึงถึงคุณภาพของงาน ความสะดวก และคุณสมบัติของวัสดุ จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นดินน้ำมัน จึงเหมาะสมที่สุด การปั้นรูปต้นแบบยังต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับปั้นงาน เช่น ไม้ปั้น เหล็กชุด (ภาพผนวกที่ 19) ซึ่งต้องเตรียมให้พร้อม เพื่อความสะดวกในการทำงาน



ภาพผนวกที่ 19 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั้นรูปต้นแบบ

การปั้นรูปต้นแบบ เริ่มต้นโดยการขึ้นโครงให้มีขนาดและรูปร่างให้ใกล้เคียงกับของจริงให้มากที่สุด ส่วนไหนที่เล็กก็พอกดินน้ำมันเพิ่ม ส่วนไหนที่ใหญ่เกินไปก็ใช้เหล็กชุด ขูดเอาเนื้อดินน้ำมันออก ค่อยๆ ปั้นแต่งให้ใกล้เคียงของจริงที่สุด และเก็บรายละเอียดให้เรียบร้อยเพื่อไปสู่ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ต่อไป (ภาพผนวกที่ 20-21)



ภาพผนวกที่ 20 การปั้นเก็บรายละเอียดต้นแบบ



ภาพผนวกที่ 21 รูปต้นแบบดินน้ำมันที่ปั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2. การทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติที่เมื่อแข็งตัวแล้วจะสามารถดูดน้ำหรือความชื้นได้ ผู้วิจัยจึงเลือกเอาปูนปลาสเตอร์มาเป็นวัสดุในการทำแม่พิมพ์ เพราะต้องการให้แม่พิมพ์ดูดเอาความชื้นออกจากวัสดุที่ใช้หล่อให้เร็วที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการทำงาน และทำให้การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ทำได้ง่าย เพราะชิ้นงานจะไม่ติดพิมพ์

การสร้างแม่พิมพ์เริ่มจากการนำเอาดินแบบมาขีดเส้นแบ่งครึ่งเพื่อเป็นจุดสังเกตในการทำพิมพ์ จากนั้นนำเอาดินน้ำมันมาปั้นแบบเอาไว้ฝั่งหนึ่งเพื่อใช้สำหรับทำแม่พิมพ์ชิ้นแรก(ภาพผนวกที่ 22) เมื่อปั้นแบ่งครึ่งดินแบบด้วยดินน้ำมันแล้วจากนั้นนำเอาแผ่นกระดานเรียบๆ มาพันล้อมรอบดินแบบเอาไว้แล้วพอกด้านนอกด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นกระดานหลุดออกขณะเทปูน (ภาพผนวกที่ 23) เมื่อพันแผ่นกระดานรอบดินแบบครบทุกๆ ด้านแล้ว จากนั้นผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อปูนปลาสเตอร์ประมาณ 1:1.5 ส่วน ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว เทปูนปลาสเตอร์ลงไปบนดินแบบให้ได้ความหนาโดยวัดจากตัวดินมาประมาณ 1 นิ้ว(ภาพผนวกที่ 24) และทิ้งไว้รอให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัว



ภาพผนวกที่ 22 รูปดินแบบมดลูกวัวกั้นแบ่งครึ่งรอเทปูนปลาสเตอร์



ภาพผนวกที่ 23 ก้นรอบต้นแบบด้วยแผ่นกระดาน



ภาพผนวกที่ 24 เทปูนปลาสเตอร์ลงไปในรูปต้นแบบให้เต็ม

จากนั้นเมื่อปูนแข็งตัวดีแล้วให้แกะเอาแผ่นกระดานที่ล้อมรอบพิมพ์เอาไว้ออก (ภาพผนวกที่ 25) และทำการตกแต่งพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ชิ้นแรกที่ได้ให้เรียบร้อย (ภาพผนวกที่ 26) ก็จะได้แม่พิมพ์ชิ้นแรก



ภาพผนวกที่ 25 แกะไม้กระดานกั้นออกจากแม่พิมพ์



ภาพผนวกที่ 26 ตกแต่งพิมพ์ให้เรียบร้อย

ขั้นตอนต่อไป ให้เราหอยพิมพ์เอาด้านที่มีต้นแบบขึ้นด้านบน และเอาดินน้ำมันที่กั้นแบ่งต้นแบบในตอนแรกออกแต่ยังไม่ต้องเอาต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ ให้คาเอาไว้แบบนั้นก่อน จากนั้นนำน้ำสบู่ผสมให้ข้นมาทาที่ปูนปลาสเตอร์และต้นแบบให้ทั่วเพื่อกันไม่ให้ปูนติดกัน ในขั้นตอนต่อไป เมื่อทาน้ำสบู่จนแม่พิมพ์ขึ้นแรกแล้วดีแล้ว จึงทำการกั้นพิมพ์ด้วยกระดาษเหมือนในขั้นตอนการทำพิมพ์ขึ้นแรกและผสมปูนปลาสเตอร์เททับลงไปในพื้นที่สอง แล้วรอให้ปูนแข็งตัว

เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดีแล้วจึงเอาไม้กระดานที่ล้อมพิมพ์ไว้ออก ในขณะที่ปูนกำลังแข็งตัวจะเกิดอุณหภูมิความร้อนขึ้นที่ตัวปูน ให้ทำการแกะพิมพ์ทั้งสองขึ้นออกจากกันในขณะที่ปูนปลาสเตอร์กำลังร้อนหรืออุ่นๆอยู่ จะทำให้แกะพิมพ์ทั้งสองขึ้นออกจากกันได้ง่าย หากปล่อยให้เย็นตัวจะแกะออกได้ยาก หรืออาจทำให้พิมพ์เสียหายหรือแกะไม่ออกเลย วิธีการแกะพิมพ์ทั้งสองขึ้นออกจากกันอาจจะใช้ป้อนลมต่อหัวพ่นลม พ่นลมแรงๆไล่ไปตามตะเข็บของพิมพ์ หรืออาจจะใช้สว่านหรือมีดหนาๆ ตอกลงไประหว่างตะเข็บของพิมพ์โดยรอบจนกว่าพิมพ์ทั้งสองขึ้นจะแยกออกจากกัน (ภาพผนวกที่ 27)

เมื่อพิมพ์ทั้งสองแยกออกจากกันเรียบร้อยแล้ว ให้แกะเอาดินน้ำมันต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ให้หมด หากเหลือทิ้งไว้อาจทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการหล่อแบบได้ (ภาพผนวกที่ 28) ทำการตกแต่งพิมพ์ให้เรียบร้อย หากมีรูฟองอากาศเกิดขึ้นที่พิมพ์ด้านใน ให้นำเอาปูนปลาสเตอร์ผงเพียงเล็กน้อยมาละลายน้ำแล้วหยดลงไป ในรูฟองอากาศจนเต็ม และขัดแต่งส่วนเกินด้วยกระดาษทรายจนเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน หากพิมพ์มีส่วนเกินให้ตกแต่งด้วยเหล็กขูดปูนหรือมีดบางๆ ให้เรียบร้อย (ภาพผนวกที่ 29) จากนั้นเป็นการทำความสะอาดภายในพิมพ์ด้วยฟองน้ำชุบน้ำผสมน้ำยาล้างจานเล็กน้อย เช็ดพิมพ์ด้านในให้สะอาด การที่ผู้วิจัยใช้น้ำยาล้างจานผสมลงไป ในน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดพิมพ์ด้วยนั้น มีจุดประสงค์เพื่อชำระคราบมันที่เกิดจากต้นแบบดินน้ำมันออกจากพิมพ์ให้หมดจด เพราะหากเหลือคราบมันทิ้งเอาไว้บนพิมพ์จะทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการหล่อ เพราะคราบมันจะไปปิดกั้นการดูดน้ำของพิมพ์ อาจทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายขึ้นได้

ในตอนนี้แม่พิมพ์ที่ได้จะมีลักษณะภายนอกเป็นสี่เหลี่ยม และมีความหนามาก เนื่องจากพิมพ์มีความหนาบางไม่เท่ากัน เพราะปูนปลาสเตอร์ที่ยังไม่แข็งตัวจะมีลักษณะเป็นของไหล ทำให้การเทปูนปลาสเตอร์เราต้องเทให้ผิวปูนเสมอกันทั้งหมด ไม่สามารถเทให้ปูนเว้าตามสัดส่วนของต้นแบบได้ ทำให้พิมพ์ที่ได้มีความหนาบางไม่เท่ากัน มีบางส่วนที่มีความหนาเกินกว่าที่เราต้องการ เช่นในส่วนสันกลางและส่วนที่เป็นขอบ ให้ทำการตัดหรือขูดเอาส่วนเกินออกให้พิมพ์มีความหนาเท่ากันทั่วทั้งชิ้น เพื่อคุณสมบัติในการดูดน้ำที่เท่ากันทั่วทั้งพิมพ์และเพื่อประโยชน์ในการลด

นำนักพิมพ์ลง เมื่อชุดแต่งเรียบร้อยแล้ว จะได้แม่พิมพ์ประกบสองชิ้นไว้สำหรับหล่อชิ้นงานตามที่ต้องการ (ภาพผนวกที่ 30)



ภาพผนวกที่ 27 แกะพิมพ์ออกจากกัน โดยใช้ส่วตอกช่วย



ภาพผนวกที่ 28 แกะแม่พิมพ์ออกจากกัน นำเอาต้นแบบออกจากพิมพ์



ภาพผนวกที่ 29 ขุดแต่งส่วนเกินของพิมพ์ด้วยเครื่องมือ



ภาพผนวกที่ 30 พิมพ์พลาสติกที่ขัดแต่งเรียบร้อยแล้ว

3. การหล่อชิ้นงาน

ยางพาราเป็นวัสดุที่ถูกเลือกมาใช้ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นคล้ายอวัยวะจริง และมีขายทั่วไป มีราคาถูก ผู้วิจัยใช้น้ำยางพาราขึ้นในการหล่อแบบโดยไม่ได้ทำการปรับปรุงสูตรทางเคมีแต่อย่างใด เนื่องจากคุณสมบัติเดิมของน้ำยางขึ้นเมื่อแข็งตัวจะมีความยืดหยุ่นสูง คงทนตามที่ต้องการ

ยางพาราที่ซื้อมาจากท้องตลาดสามารถเปิดมาใช้ได้ทันที โดยเริ่มจากการเตรียมแม่พิมพ์ที่จะใช้หล่อโดยทำความสะอาดแม่พิมพ์ทั้งสองชิ้นให้สะอาดที่สุด จากนั้นนำพิมพ์มาประกบกันแล้วใช้ยางยืดเส้นใหญ่มัดเอาไว้ให้ติดกัน(ภาพผนวกที่ 31) นำยางพาราเทลงไปให้เต็มพิมพ์ ขณะที่เทต้องพยายามเทช้าๆเบาๆเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศจะทำให้งานออกมาเสียหายได้ เมื่อน้ำยางเต็มพิมพ์แล้วให้ทิ้งไว้จนกว่าเนื้อยางจะได้รับความตามต้องการ(ภาพผนวกที่ 32-33) ตรวจสอบได้ด้วยการเอาเหล็กแหลมจิ้มวัดความหนาตรงบริเวณปากแม่พิมพ์ โดยผู้วิจัยกำหนดความหนาไว้ที่ประมาณ 0.25 มิลลิเมตร (ภาพผนวกที่ 34) และเมื่อได้ความหนาตามต้องการแล้ว ให้เทยางพาราส่วนเกินออกจากแม่พิมพ์จนหมด แล้วคว่ำปากแม่พิมพ์ผึ่งไว้ให้น้ำยางแห้งสนิทประมาณสามวัน เมื่อน้ำยางแห้งสนิทดีแล้วจึงแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เพื่อนำไปใช้ต่อไป(ภาพผนวกที่ 35-41)



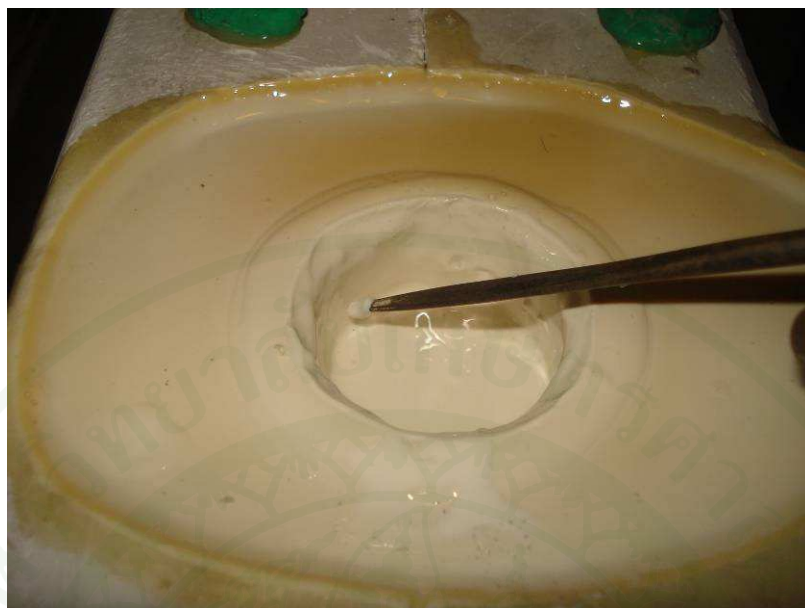
ภาพผนวกที่ 31 นำแม่พิมพ์ทั้งสองชิ้นมาประกบกันแล้วมัดไว้ด้วยยางยืด



ภาพผนวกที่ 32 เทน้ำยางพาราขึ้นลงไปในพิมพ์ซ้ำๆ



ภาพผนวกที่ 33 เทน้ำยางลงไปในพิมพ์จนเต็ม



ภาพผนวกที่ 34 ใช้เหล็กแหลมจิ้มวัดความหนาของเนื้อยาง



ภาพผนวกที่ 35 เทน้ำยางส่วนเกินออกจากพิมพ์



ภาพผนวกที่ 36 ภายในพิมพ์เมื่อเทน้ำยางส่วนเกินออกหมด



ภาพผนวกที่ 37 คว่ำปากแม่พิมพ์ทิ้งไว้รอให้เนื้อยางแห้ง



ภาพผนวกที่ 38 แกะชิ้นงานท่อมคูลูกออกจากแบบพิมพ์



ภาพผนวกที่ 39 แกะชิ้นงานคอมคูลูกออกจากแบบพิมพ์



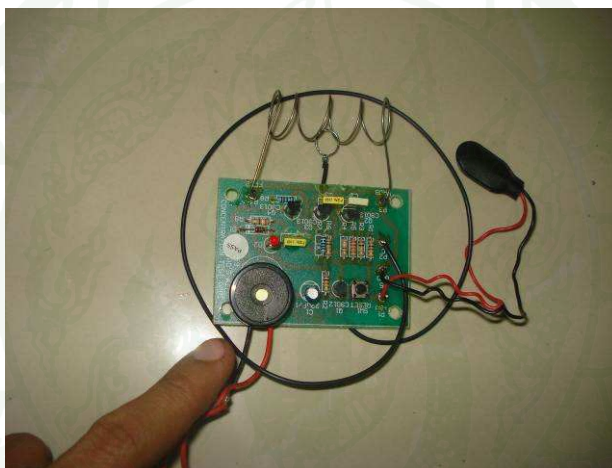
ภาพผนวกที่ 40 ชิ้นงานสำเร็จส่วนทวารหนักและอวัยวะเพศ



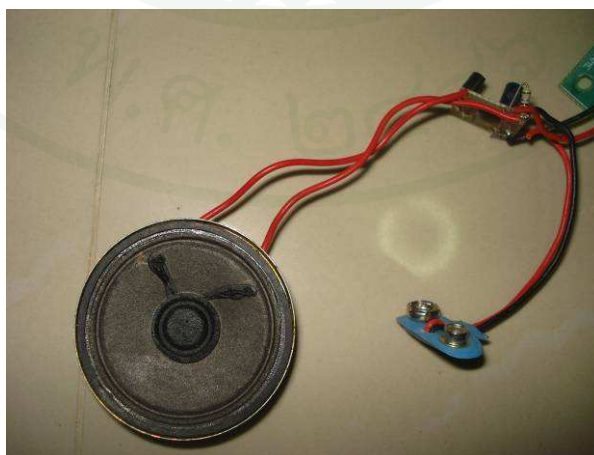
ภาพผนวกที่ 41 ตัดแต่งส่วนเกินของชิ้นงานออก

4. การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูปเพื่อการศึกษา จำนวน 2 แผงวงจร นำมาประกอบรวมกันเพื่อให้ได้ตรงตามความต้องการของผู้วิจัย วงจรแรกเป็นวงจรเกมทดสอบสมาธิเมื่อเหล็กสัมผัสกันจะมีเสียงดังและมีไฟแสดงสถานะสว่างขึ้น (ภาพผนวกที่ 42) วงจรที่สองเป็นวงจรเสียงวู่วิ่ง (ภาพผนวกที่ 43) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้วงจรแรกเป็นเสียงวู่วิ่งเมื่อมีการสัมผัสกันของเหล็ก จึงได้นำเอาลำโพงของวงจรแรกออกแล้วนำเอาชุดวงจรที่สองใส่ลงไปแทน และวงจรแรกหลอดไฟมีขนาดเล็กผู้วิจัยจึงเปลี่ยนหลอดไฟให้มีขนาดใหญ่ขึ้น (ภาพผนวกที่ 44)



ภาพผนวกที่ 42 แผงวงจรสำเร็จรูป “เกมทดสอบสมาธิ”



ภาพผนวกที่ 43 วงจรสำเร็จรูป “เสียงวู่วิ่ง มอ มอ”



ภาพผนวกที่ 44 เปลี่ยนหลอดไฟในแผงวงจรให้ใหญ่ขึ้น



ภาพผนวกที่ 45 แผงวงจร ลำโพง และแบตเตอรี่พลังงาน

เมื่อประกอบวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้ว ทดสอบการใช้งานจนเป็นที่เรียบร้อย จากนั้นนำแผงวงจรที่ต่อไว้แล้วทั้งหมดเข้าไปยึดไว้กับกล่องอเนกประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให่วงจรเกิดการชำรุดเสียหาย การทำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกให้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ ที่มีจำหน่ายทั่วไปตามร้านค้ามาใช้เป็นแหล่งพลังงานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยเหตุผลทางด้านความปลอดภัยและราคาที่ถูกและหาซื้อได้ทั่วไป (ภาพผนวกที่ 45-46) เมื่อประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้วก็นำเอากล่องไปติดตั้งเข้ากับหุ่นจำลองต่อไป



ภาพผนวกที่ 46 การประกอบแผงวงจรทั้งหมดเข้ากับกล่องอเนกประสงค์

ขั้นตอนต่อมาคือส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์ของวงจร ผู้วิจัยเลือกใช้สวิตช์อย่างง่ายเป็นลักษณะของสวิตช์เบรกเกอร์สัมผัสธรรมดา โดยผู้วิจัยได้นำชิ้นส่วนนี้มาจากสวิตช์เบรกเกอร์ของฝาเครื่องซักผ้าเก่า (ภาพผนวกที่ 47) และนำเอาอะไหล่ล้าโพงเก่าที่มีลักษณะเป็นเป็นกลมแบนบางคล้ายเหรียญมาติดไว้ที่ปลายของสวิตช์เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัส (ภาพผนวกที่ 48) จากนั้นต่อสายไฟออกมาจากขั้วของสวิตช์ทั้งสองขั้วและใส่ปลั๊กที่ปลายสายทั้งสองเส้นเพื่อใช้สำหรับเสียบต่อกับสายจากแผงวงจร (ภาพผนวกที่ 49)



ภาพผนวกที่ 47 สวิตช์ที่ใช้ทำเป็นเซ็นเซอร์



ภาพผนวกที่ 48 ติดแผ่นโลหะเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้กับสวิตช์เซ็นเซอร์



ภาพผนวกที่ 49 ต่อสายไฟที่ขาของสวิตช์เซ็นเซอร์และใส่ปลั๊กที่ปลายสาย

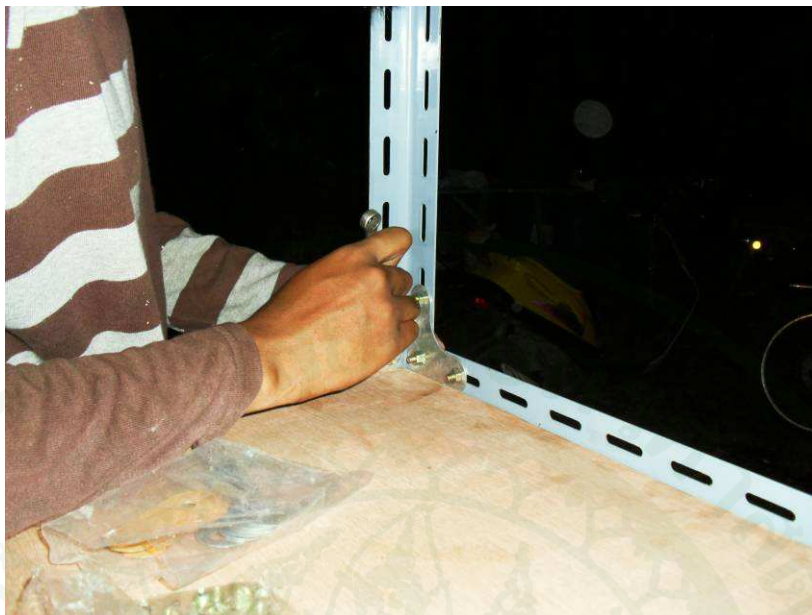
5. การสร้างชิ้นงานส่วนฐานตั้งหุ่นจำลอง

การสร้างชิ้นงานส่วนฐานที่ตั้งของหุ่นจำลอง ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุเป็นเหล็กฉาก เนื่องจากสามารถนำมาตัดได้ตามความยาวที่ต้องการ ยึดติดกันได้ด้วยน็อตธรรมดา สามารถเปลี่ยนแปลงความสูงต่ำหรือตำแหน่งได้ตามความต้องการ และใช้แผ่นไม้อัดหนา 6 มิลลิเมตร เป็นโครงสำหรับยึดหุ่นจำลอง

ขั้นตอนการสร้างฐานที่ตั้งหุ่นจำลองเริ่มจาก นำเหล็กฉากมาวัดแล้วตัดตามความยาวที่กำหนดไว้ และยึดติดทุกมุมเข้าด้วยกันให้แน่นด้วยน็อตสำหรับยึดเหล็กฉาก (ภาพผนวกที่ 50-51)



ภาพผนวกที่ 50 ประกอบโครงเหล็กฉากทั้งหมดเข้าด้วยกัน



ภาพผนวกที่ 51 ยึดโครงเหล็กจากทุกมุมให้แน่นด้วยน็อตยึดเหล็กฉาก

จากนั้นตัดไม้อัดแผ่นให้ได้ขนาดพอดีกับโครงเหล็กด้านในเพื่อทำแผ่นพื้นปิดโครงเหล็ก และแผ่นปิดหน้าสำหรับใช้ยึดกับหุ่นจำลองยางพารา เมื่อได้ขนาดแผ่นไม้ตามต้องการแล้ว จึงเจาะรูที่แผ่นไม้ทั้งสองแผ่นสำหรับใช้ร้อยน็อตเพื่อยึดกับโครงเหล็ก (ภาพผนวกที่ 52-53)



ภาพผนวกที่ 52 ตัดไม้อัดตามขนาดที่วัดไว้สำหรับทำเป็นแผ่นยึดหุ่นจำลอง



ภาพผนวกที่ 53 เจาะรูไม้อัดเพื่อใช้เป็นรูร้อยนอตสำหรับยึดติดกับโครงเหล็กฐาน

เมื่อยึดแผ่นไม้อัดเข้ากับโครงเหล็กฐานเรียบร้อยแล้ว มาถึงขั้นตอนในการที่จะติดตั้งหุ่นจำลองเข้ากับแผ่นไม้ โดยนำเอาหุ่นจำลองขางพาราในส่วนทวารหนักและอวัยวะเพศที่จะยึดติดเข้ากับแผ่นไม้มาวัดหาดำแหน่งที่เหมาะสมที่จะติดตั้งหุ่นจำลอง เมื่อได้ตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ใช้ปากกาลากเส้นรอบหุ่นจำลองเพื่อแสดงตำแหน่งจุดที่จะตัดออก (ภาพผนวกที่ 54)

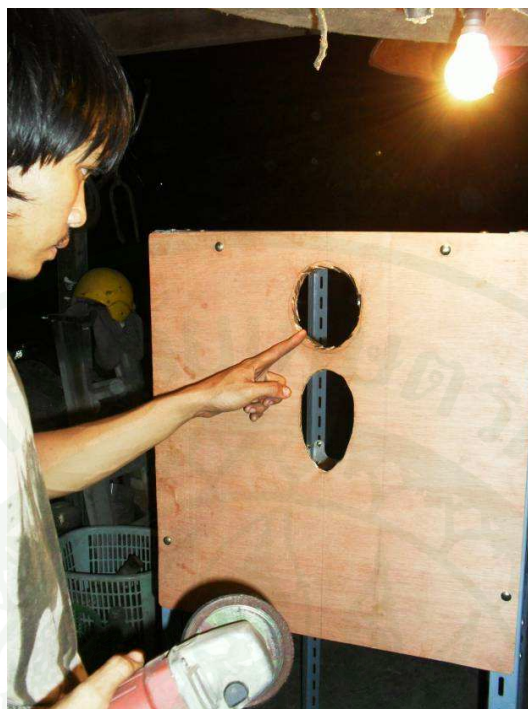
เมื่อได้ตำแหน่งที่จะตัดออกแล้ว ใช้เครื่องมือตัดแผ่นไม้ตามแนวเส้นที่ขีดกำหนดเอาไว้ โดยตัดออกทั้งส่วนที่เป็นทวารหนักและอวัยวะเพศ และทำการขัดแต่งส่วนเกินและเสี้ยนไม้ให้เรียบเนียนด้วยกระดาษทราย ในขณะที่ขัดส่วนเกินและเสี้ยนไม้ ก็นำเอาหุ่นจำลองส่วนทวารหนักและอวัยวะเพศลองมาเทียบกับช่องที่เจาะดูว่าพอดีหรือไม่ หากรูแคบไปไม่พอดีกับหุ่นจำลองก็ใช้เครื่องมือค่อยๆ ขัดส่วนเกินออกจนพอดี เมื่อได้ขนาดรูที่พอดีกับหุ่นจำลองแล้ว ทำการขัดแต่งให้เรียบเนียนอีกครั้ง เพื่อรอการทำสีในขั้นต่อไป (ภาพผนวกที่ 55-57)



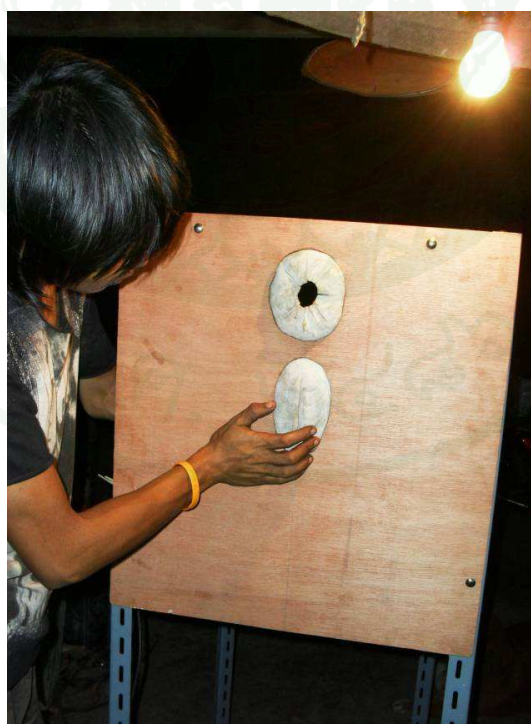
ภาพผนวกที่ 54 ใช้ปากกาลากเส้นรอบหุ่นจำลองเพื่อแสดงตำแหน่งจุดที่จะตัดไม้ออก



ภาพผนวกที่ 55 ใช้เครื่องมือตัดตัดไม้ออกเป็นช่องตามที่วัดไว้



ภาพผนวกที่ 56 ตัดไม้ออกตามที่วัดไว้ และขัดแต่งให้ได้ขนาดตามกำหนด



ภาพผนวกที่ 57 นำหุ่นจำลองมาทดลองใส่กับช่องที่ตัดไว้

เมื่อเก็บรายละเอียดในส่วนต่างๆของฐานที่ตั้งเรียบร้อยแล้ว นำฐานที่ตั้งมาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าชุบน้ำหมาดๆ และใช้หัวเป่าลม เป่าฝุ่นละอองออกจากฐานที่ตั้งให้หมด เพื่อเป็นการเตรียมพื้นผิวสำหรับทำสีเพื่อเพิ่มความสวยงาม

สำหรับสีที่ใช้ในการพ่นฐานหุ่นจำลอง ผู้วิจัยเลือกใช้สีน้ำมัน เพราะเป็นสีที่ราคาไม่แพง ใช้งานง่าย และเมื่อสีแห้งดีแล้วมีความคงทนต่อการขีดข่วน เนื่องจากโครงเหล็กมีสีรองพื้นอยู่แล้ว จึงสามารถพ่นสีจริงทับลงไปเลย สีแรกที่พ่นลงไปคือสีขาว เริ่มจากพ่นสีขาวลงไปบางๆ ทีละชั้นจนทั่วทั้งโครงเหล็กและแผ่นไม้ โดยในการพ่นแต่ละรอบนั้นให้ทิ้งช่วงในการพ่นแต่ละรอบประมาณ 10 นาที เมื่อพ่นสีขาวจนทั่วหมดแล้ว ตั้งขึ้นงานทิ้งไว้ให้สีขาวแห้งโดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

เมื่อสีขาวแห้งดีแล้ว จากนั้นนำสีดำพ่นลงไปเป็นจุดๆ ตามตำแหน่งต่างๆ ให้ทั่ว ให้คล้ายกับลักษณะของลายวัว โดยพ่นทิ้งช่วงอย่าให้แต่ละจุดอยู่ชิดกันจนเกินไป เมื่อพ่นจุดสีดำจนทั่วแล้ว ตั้งขึ้นงานทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ก็จะได้ฐานที่ตั้งหุ่นจำลองที่พร้อมจะนำไปประกอบในส่วนอื่นๆ ต่อไป (ภาพผนวกที่ 58-59)



ภาพผนวกที่ 58 ด้านหน้าของฐานที่ตั้งหุ่นจำลองที่ทำสีเรียบร้อยแล้ว



ภาพผนวกที่ 59 ด้านข้างของฐานที่ตั้งหุ่นจำลองที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว

6. การประกอบชิ้นงาน

เมื่อได้ส่วนประกอบของชิ้นงานครบทุกส่วน นำส่วนประกอบทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการนำเซ็นเซอร์สวิทช์ของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบเข้ากับหุ่นจำลองส่วนท่อมดลูกก่อน (ภาพผนวกที่ 60-62) จากนั้นนำหุ่นจำลองในส่วนอวัยวะเพศและทวารหนักประกอบเข้ากับแผ่นไม้ด้านหน้าของฐานของหุ่นจำลอง นำถุงน่องมาประกอบเข้ากับด้านหลังของหุ่นจำลองทวารหนักเพื่อจำลองเป็นลำไส้ใหญ่ ที่เลือกถุงน่องมาจำลองเป็นลำไส้ใหญ่เพราะถุงน่องมีลักษณะความยืดหยุ่นและลื่นคล้ายกับอวัยวะภายใน และถุงน่องยังมีราคาถูกและหาขนาดเสียหายก็สามารถหาซื้อได้ง่ายโดยทันที (ภาพผนวกที่ 63)

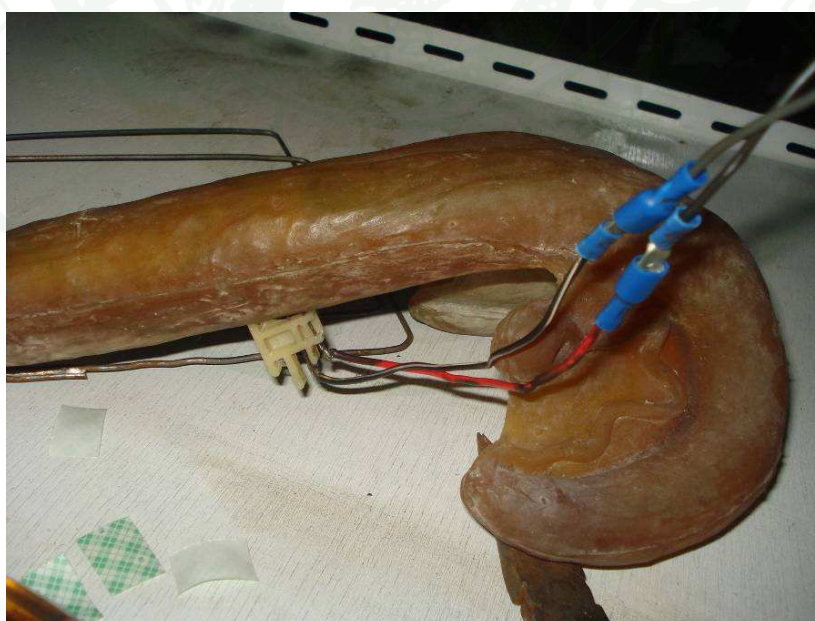
ยึดถุงน่องเข้ากับสติงเย็บผ้าเพื่อให้สามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อถุงน่องขาด นำแผ่นพลาสติกมาตัดให้ได้ขนาดเท่ากับวงรอบของสติงเพื่อทำเป็นจุดยึดด้านหลังรูทวารหนัก (ภาพผนวกที่ 64-65)

จากนั้นนำหุ่นจำลองท่อมดลูกที่ต่อวงจรเอาไว้แล้วมาติดตั้งเข้ากับฐานตรงส่วนด้านหลังของอวัยวะเพศ ยึดท่อมดลูกเข้ากับฐานให้แน่นหนา ต่อวงจรติดกับฐานให้เรียบร้อย (ภาพผนวกที่ 66-68) ทดสอบการทำงานว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ขั้นตอนสุดท้ายนำเอาผ้าคลุมที่ตัดเย็บไว้มาคลุม และยึดติดกับโครงเหล็กเอาไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนแอบมองในขณะที่ฝึกปฏิบัติ โดยผ้า

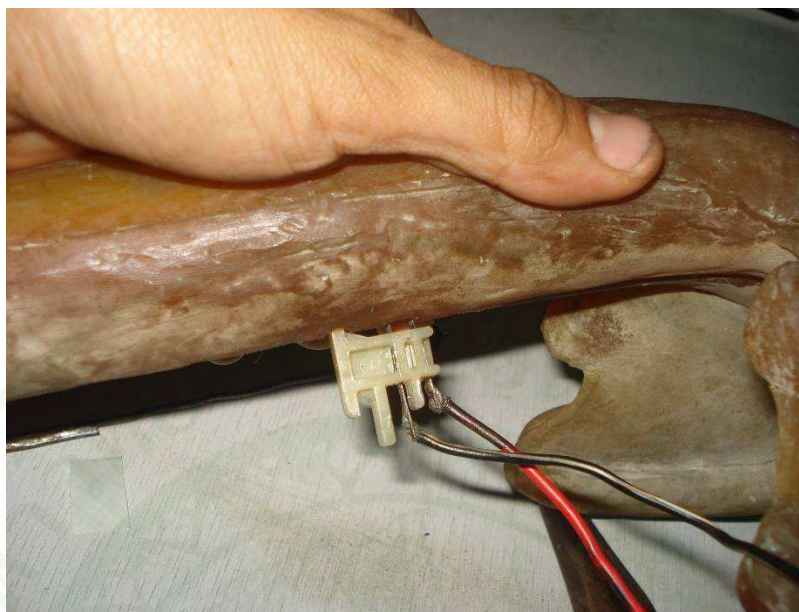
คลุมฝั่งด้านซ้ายของสื่อกับจะเจาะช่องใส่ชิปเอาไว้ เพื่อให้ผู้สอนสามารถเปิดดูเพื่อตรวจสอบผู้เรียน และประเมินผลในขณะที่ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้ (ภาพผนวกที่ 69-70)



ภาพผนวกที่ 60 ประกอบสวิตช์เซ็นเซอร์เข้ากับหุ่นจำลองส่วนคอมดลูก



ภาพผนวกที่ 61 ประกอบสวิตช์เซ็นเซอร์ที่ติดอยู่กับคอมดลูกเข้ากับส่วนท่อมดลูก



ภาพผนวกที่ 62 สวิตช์เซ็นเซอร์ติดเข้าตำแหน่งที่อมดลูก



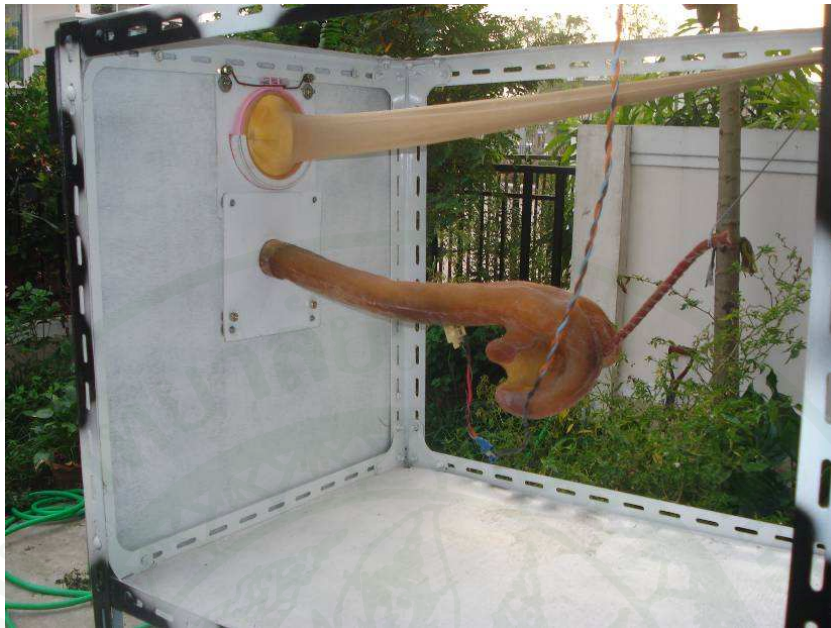
ภาพผนวกที่ 63 สติงเย็บผ้าและถุงน่อง



ภาพผนวกที่ 64 แผ่นพลาสติกทำเป็นที่ขีดสดีง



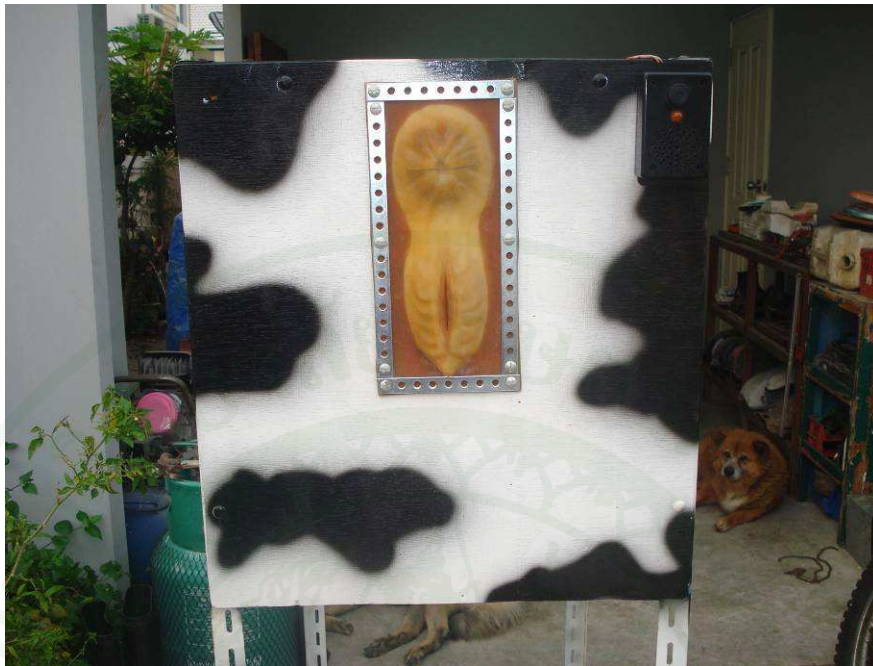
ภาพผนวกที่ 65 ขีดสดีงและถุงน่องเข้าที่ตำแหน่งหลังรู่ทวารหนัก



ภาพผนวกที่ 66 ประกอบส่วนประกอบต่างๆเข้าด้วยกัน



ภาพผนวกที่ 67 ติดกล่องแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผ่นไม้ด้านหน้าของสื่อ



ภาพผนวกที่ 68 ชิ้นงานประกอบสำเร็จด้านหน้า

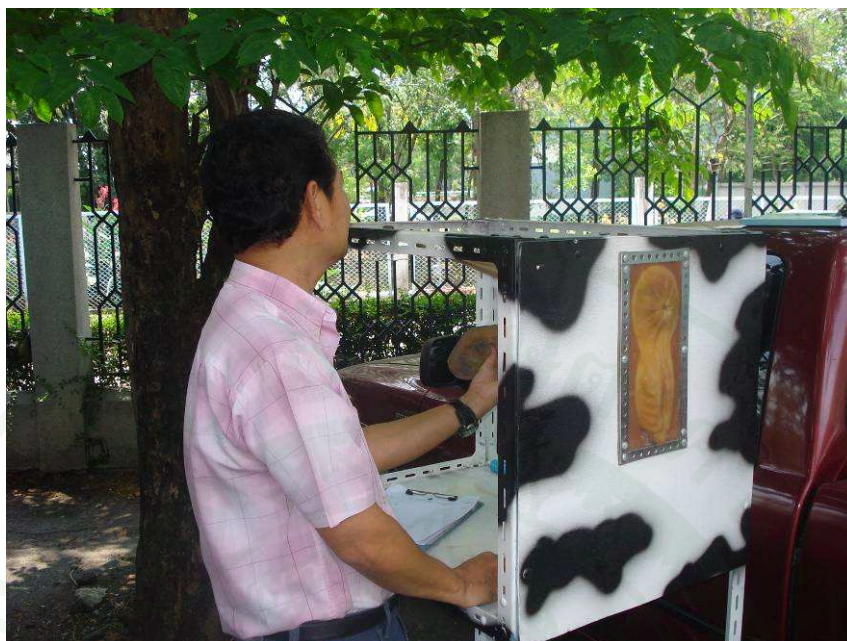


ภาพผนวกที่ 69 นำผ้าคลุมที่ตัดเย็บไว้มาประกอบเข้ากับชิ้นงาน



ภาพผนวกที่ 70 ทำสีฟ้าคลุมชิ้นงานให้เข้ากับสีของตัวโครงฐานที่ตั้ง

การใช้งานหุ่นจำลองมีขั้นตอนเช่นเดียวกับการปฏิบัติการผสมเทียมโคจริงๆ โดยเริ่มตั้งแต่ การเตรียมอุปกรณ์การผสมเทียม การจับคลำตรวจมดลูก และการสอดป็นย้งน้ำเชื้อ แต่จะแตกต่างจากการฝึกผสมเทียมกับโคจริงตรงที่ การฝึกกับโคจริงผู้สอนไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าผู้เรียนปฏิบัติได้ถูกต้องตรงตามขั้นตอนจริงหรือไม่ เพราะผู้สอนไม่สามารถมองเห็นภายในท้องของโคได้ ผู้เรียนอาจตอบคำถามไม่ตรงกับความเป็นจริง แต่หุ่นจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถตรวจสอบผู้เรียนได้ในทุกขั้นตอนการปฏิบัติ ตั้งแต่ขั้นตอนในการคลำมดลูก การจับมดลูกและการสอดป็นย้งน้ำเชื้อ ผู้สอนสามารถมองเห็นการปฏิบัติของผู้เรียนในทุกขั้นตอน และหากผู้เรียนทำได้ถูกวิธี โดยป็นย้งน้ำเชื้อไปกดโคนสวิตช์เซ็นเซอร์ที่อยู่ในส่วนท้ายของคอมดลูก ซึ่งเปรียบได้กับการสอดป็นเข้าไปถึงตำแหน่งที่ถูกต้องที่สามารถฉีดน้ำเชื้อได้แล้ว กล้องวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของสื่อจะมีเสียงโอดัง “มอ มอ มอ มอ” ขึ้น และไฟสีแดงที่ติดตั้งอยู่ที่กล้องจะติดสว่างขึ้น และทั้งเสียงโอดังและหลอดไฟจะติดสว่างอยู่เช่นนั้น จนกว่าจะกดปุ่มรีเซตที่อยู่ด้านหน้ากล้องวงจร เสียงโอดังและแสงไฟจึงจะดับลง เพื่อให้ผู้สอนได้ทราบว่าผู้เรียนทำได้ถูกต้องแล้ว การที่สามารถตรวจสอบผู้เรียนได้ในทุกขั้นตอนทำให้มีส่วนช่วยให้ผู้สอนประเมินผลการปฏิบัติของผู้เรียนได้เที่ยงตรงชัดเจนมากขึ้น และการที่หุ่นจำลองมีรูปร่างและสีสัมผัสที่ใกล้เคียงของจริง เสียงและแสงไฟ สามารถช่วยในการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี



ภาพผนวกที่ 71 นำสื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและหุ่นจำลองตรวจ



ภาพผนวกที่ 72 ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 73 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 74 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 75 อธิบายวิธีการใช้สื่อแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียม



ภาพผนวกที่ 76 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 77 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 78 ผู้เชี่ยวชาญด้านการผสมเทียมประเมินคุณภาพสื่อ



ภาพผนวกที่ 79 กลุ่มทดลองขนาดเล็กทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 80 กลุ่มทดลองขนาดกลางทดลองใช้สื่อ



ภาพผนวกที่ 81 อาจารย์ผู้สอน สอนโดยใช้สื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพผนวกที่ 82 นักศึกษากลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติกับสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพผนวกที่ 83 อาจารย์ผู้สอนประเมินผู้เรียนเป็นรายบุคคล



ภาพผนวกที่ 84 อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน



ภาคผนวก ง
งบประมาณในการสร้างหุ่นจำลองขางพารา

ตารางผนวกที่ 1 แสดงงบประมาณการสร้างหุ่นจำลองขงพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ
วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

วัสดุ	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคา
การทำแม่พิมพ์			
ดินน้ำมัน	50 ก้อน	6	300
ปูนปลาสเตอร์ 25 กิโลกรัม	3 กระสอบ	150	450
รวม		750	
การผลิตหุ่นจำลอง / 1 ชุด (ราคาโดยประมาณ)			
น้ำยาพารา	5 ลิตร	100	500
ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษา	2 ชุด	150	300
กล่องใส่แผงวงจร	1 ชุด	45	45
หลอดไฟ LED ขนาดครึ่งนิ้ว	1 ดวง	5	5
เหล็กฉาก 6 เมตร	4 เส้น	150	600
น็อตยึดเหล็กฉาก	2 ถัง	50	100
ไม้อัดแผ่นใหญ่หนา 6 มิลลิเมตร	1 แผ่น	300	300
ถุงน่อง	1 คู่	40	40
พลาสติกอะคริลิกแผ่น	1 แผ่นเล็ก	100	100
สีน้ำมันกระป๋องขนาดกลาง	2 กระป๋อง	150	300
ทินเนอร์ผสมสี	1 ปี๊บ	450	450
ผ้าสักหลาดสีดำ	3 เมตร	80	240
ตาไก่โลหะ	40 ชุด	5	200
รวม		3,180	

หมายเหตุ: ราคาที่แสดงนี้คิดเฉพาะค่าวัสดุ ไม่รวมค่าอุปกรณ์
แม่พิมพ์ 1 ชุด สามารถผลิตหุ่นจำลองได้หลายชุด



สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องสี่เหลี่ยมหน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือ เติมข้อความลงในช่องว่าง

1. เพศ ☐ ชาย
☐ หญิง

2. ระดับการศึกษาสูงสุด

- ☐ ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า สาขา.....
☐ ปริญญาโท หรือเทียบเท่า สาขา.....
☐ ปริญญาเอก หรือเทียบเท่า สาขา.....
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

3. ประสบการณ์การทำงาน

- ☐ ต่ำกว่า 3 ปี
☐ 3-5 ปี
☐ 6-10 ปี
☐ มากกว่า 10 ปี

4. ตำแหน่งทางวิชาการ

- ☐ อาจารย์.....
☐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....
☐ รองศาสตราจารย์.....
☐ อื่นๆ.....

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ประเภทของสื่อ : หุ่นจำลอง(Model)

วิชา : สรีรวิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม

เนื้อหา : หุ่นจำลองระบบอวัยวะสืบพันธุ์โคเพศเมียเพื่อการฝึกหัดผสมเทียม

เรื่อง : การผสมเทียมโค

ระดับ : ปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์

โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
ความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา					
ความถูกต้องของขนาดและรูปทรง					
ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้าง					
ความเหมาะสมของฐานที่ใช้ตั้ง					
ความถูกต้องตามหลักกายวิภาค					
ขนาดความสูงของชิ้นงาน					
ความสะดวกในการนำไปใช้					
ความแข็งแรงคงทน					
อุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งร่วมด้วย					
ความประณีตในการจัดสร้าง					
ความคุ้มค่าในการจัดสร้าง					
ความน่าสนใจในชิ้นงาน					
สามารถตรวจสอบผู้เรียนได้ในทุกขั้นตอน					

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อหุ่นจำลองจากแบบประเมินคุณภาพ

ผลของการตอบแบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ จะนำมาคิดคะแนนเฉลี่ยโดยคำนวณจากคำตอบที่เลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินผล ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายความว่า	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายความว่า	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายความว่า	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายความว่า	ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายความว่า	ดีมาก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองทางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

ตารางผนวกที่ 2 สรุปผลการประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพารา ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมีย
ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียมโดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
1. ความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา	4.8	ดีมาก
2. ความถูกต้องของขนาดและรูปทรง	4.4	ดี
3. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้าง	4.4	ดี
4. ความเหมาะสมของฐานที่ใช้ตั้ง	4.2	ดี
5. ความถูกต้องตามหลักกายวิภาค	4.2	ดี
6. ขนาดความสูงของชิ้นงาน	4.4	ดี
7. ความสะดวกในการนำไปใช้	5	ดีมาก
8. ความแข็งแรงคงทน	4.6	ดีมาก
9. อุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งพร้อมด้วย	4.6	ดีมาก
10. ความประณีตในการจัดสร้าง	4.4	ดี
11. ความคุ้มค่าในการจัดสร้าง	5	ดีมาก
12. ความน่าสนใจในชิ้นงาน	5	ดีมาก
13. สามารถตรวจสอบผู้เรียนได้ในทุกขั้นตอน	5	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	4.62	ดีมาก

จากตารางผนวกที่ 2 แสดงถึงระดับคะแนนจากการประเมินคุณภาพสื่อหุ่นจำลองยางพารา ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ระดับค่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.62



ภาคผนวก จ
การหาประสิทธิภาพหุ่นจำลองยางพารา

แบบประเมินระหว่างเรียน

เรื่อง การผสมเทียมโค

วิชาสัตววิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม

สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

ชื่อ-นามสกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ผู้สอน.....

รายการที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต่ำ	ไม่ผ่าน
	4	3	2	1	0
สามารถอธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้					
สามารถอธิบายลักษณะท่าทางการยืนได้					
สามารถอธิบายการสังเกตระบบสืบพันธุ์ทางทวารหนักได้					
อธิบายวิธีการตรวจมดลูกและรังไข่ได้					
รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้อง					
อธิบายขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือในการผสมเทียมได้					
อธิบายวิธีการสอดป้อนผสมเทียมได้					
ระบุตำแหน่งที่ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้อง					
สามารถทำการผสมเทียมสำเร็จได้ภายในเวลาที่กำหนด					

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

ตารางผนวกที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินระหว่างเรียน

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
สามารถอธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้	4	อธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	อธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายวิธีการเข้าหาสัตว์ได้
สามารถอธิบายลักษณะท่าทางการยืนผสมเทียมได้	4	อธิบายลักษณะท่ายืนผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	อธิบายลักษณะท่ายืนผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายลักษณะท่ายืนผสมเทียมได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายลักษณะท่ายืนผสมเทียมได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายลักษณะท่ายืนผสมเทียมได้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
สามารถอธิบายการล้วงตรวจระบบ สืบพันธุ์ทางทวารหนักได้	4	อธิบายการล้วงตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้ คำแนะนำ
	3	อธิบายการล้วงตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายการล้วงตรวจได้ แต่อาจไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายการล้วงตรวจได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะ ในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายการล้วงตรวจได้
อธิบายวิธีการตรวจมดลูกและรังไข่ได้	4	อธิบายการตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้ คำแนะนำ
	3	อธิบายการตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดย ไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายการตรวจได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายการตรวจได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะใน ทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายการตรวจได้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้อง	4	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถรายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้
อธิบายขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือในการผสมเทียมได้	4	อธิบายการเตรียมเครื่องมือได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	อธิบายการเตรียมเครื่องมือได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายการเตรียมเครื่องมือได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายการเตรียมเครื่องมือได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายการเตรียมเครื่องมือได้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
อธิบายวิธีการสอดป็นผสมเทียมได้	4	อธิบายวิธีการสอดป็นได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	อธิบายวิธีการสอดป็นได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	อธิบายวิธีการสอดป็นได้ แต่อาจไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	อธิบายวิธีการสอดป็นได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถอธิบายวิธีการสอดป็นได้
ระบุตำแหน่งที่ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้อง	4	ระบุตำแหน่งปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องมากที่สุด อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	ระบุตำแหน่งปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องมาก โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	ระบุตำแหน่งปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้อง แต่อาจไม่มาก
	1	ระบุตำแหน่งปล่อยน้ำเชื้อได้ใกล้เคียง และต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถระบุตำแหน่งปล่อยน้ำเชื้อได้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
สามารถทำการผสมเทียมสำเร็จได้ภายในเวลาที่กำหนด	4	ทำการผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	ทำการผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน ภายในเวลาที่กำหนด โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	ทำการผสมเทียมได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ ครบในบางขั้นตอน และใช้เวลามากกว่าที่กำหนด
	1	ทำการผสมเทียมได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน และใช้เวลามากกว่าที่กำหนด
	0	ไม่สามารถทำการผสมเทียมได้

แบบประเมินหลังเรียน

เรื่อง การผสมเทียมโค

วิชาสัตววิทยาการสืบพันธุ์และการผสมเทียม

สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประจำภาคปลาย ปีการศึกษา 2553

ชื่อ-นามสกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ผู้สอน.....

รายการที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ต่ำ	ไม่ผ่าน
	4	3	2	1	0
การเข้าหาสัตว์ ทำได้ถูกต้องตามขั้นตอน					
ลักษณะท่าทางการยืนผสมเทียมทำได้อย่างถูกต้อง					
การล้วงตรวจระบบสืบพันธุ์ทำได้อย่างถูกต้อง					
คลำตรวจมดลูกและรังไข่ได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน					
สามารถรายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้อย่างถูกต้อง					
เตรียมเครื่องมือการผสมเทียมได้ครบถ้วนและถูกต้องตามขั้นตอน					
การสอดป้อนผสมเทียมทำได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน					
ความถูกต้องของตำแหน่งที่ปล่อยน้ำเชื้อ					
ทำการผสมเทียมสำเร็จได้ภายในเวลาที่กำหนด					

ลงชื่อ.....อาจารย์ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

ตารางผนวกที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินหลังเรียน

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
การเข้าหาสัตว์ ทำได้ถูกต้องตามขั้นตอน	4	การเข้าหาสัตว์ทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	การเข้าหาสัตว์ทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	การเข้าหาสัตว์ทำได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	การเข้าหาสัตว์ทำได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในหลายๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถทำการเข้าหาสัตว์ได้
ลักษณะท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้ถูกต้อง	4	ท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	ท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	ท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	ท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในหลายๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถทำท่าทางการยื่นผสมเทียมทำได้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
การสำรวจระบบสืบพันธุ์ทำได้ถูกต้อง	4	การสำรวจทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	การสำรวจทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	การสำรวจทำได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	การสำรวจทำได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถทำการสำรวจได้
คลำตรวจมดลูกและรังไข่ได้ถูกต้องตามขั้นตอน	4	สามารถคลำตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	สามารถคลำตรวจได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	สามารถคลำตรวจได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	สามารถคลำตรวจได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถคลำตรวจได้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
สามารถรายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ ถูกต้อง	4	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้องครบทุก ขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้ คำแนะนำ
	3	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ถูกต้องครบทุก ขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ แต่อาจไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	รายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้ แต่ต้องได้รับการ ชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถรายงานผลสิ่งที่ตรวจพบได้
เตรียมเครื่องมือการผสมเทียมได้ครบถ้วน และถูกต้องตามขั้นตอน	4	สามารถเตรียมเครื่องมือได้ถูกต้องครบทุก ขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้ คำแนะนำ
	3	สามารถเตรียมเครื่องมือได้ถูกต้องครบทุก ขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	สามารถเตรียมเครื่องมือได้ แต่อาจไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	สามารถเตรียมเครื่องมือได้ แต่ต้องได้รับการ ชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถเตรียมเครื่องมือได้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
การสวดป็นผสมเทียมทำได้ถูกต้องตามขั้นตอน	4	การสวดป็นสามารถทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	การสวดป็นสามารถทำได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	การสวดป็นสามารถทำได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบในบางขั้นตอน
	1	การสวดป็นสามารถทำได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถทำการสวดป็นสามารถได้
ความถูกต้องของตำแหน่งที่ปล่อยน้ำเชื้อ	4	ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องตรงตำแหน่งมากที่สุด อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องตรงตำแหน่งมาก โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องตรงตำแหน่ง แต่ต้องได้รับคำแนะนำในบางครั้ง
	1	ปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องตรงตำแหน่ง แต่ต้องได้รับการชี้แนะในทุกๆขั้นตอน
	0	ไม่สามารถปล่อยน้ำเชื้อได้ถูกต้องตรงตำแหน่ง

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รายการที่ต้องการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์ให้คะแนน
ทำการผสมเทียมสำเร็จได้ภายในเวลาที่กำหนด	4	ทำการผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว ภายในเวลาที่กำหนด โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	3	ทำการผสมเทียมได้ถูกต้องครบทุกขั้นตอน ภายในเวลาที่กำหนด โดยไม่ต้องให้คำแนะนำ
	2	ทำการผสมเทียมได้ แต่อาจไม่ถูกต้องหรือไม่ ครบในบางขั้นตอน และใช้เวลามากกว่าที่กำหนด
	1	ทำการผสมเทียมได้ แต่ต้องได้รับการชี้แนะใน ทุกๆขั้นตอน และใช้เวลามากกว่าที่กำหนด
	0	ไม่สามารถทำการผสมเทียมได้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสปีดปั๊มโคพเคมียะประกอบ
วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากคะแนนจากแบบประเมิน
ระหว่างเรียนกับคะแนนจากแบบประเมินหลังเรียน ของนักศึกษา จำนวน 5 คน

นักศึกษาคนที่	คะแนนจากแบบประเมินระหว่างเรียน (36 คะแนน)	คะแนนจากแบบประเมินหลังเรียน (36 คะแนน)
1	30	27
2	29	30
3	31	29
4	32	28
5	30	29
รวม	152	143
คะแนนเฉลี่ย	30.40	28.60
คิดเป็นร้อยละ	84.44	79.44

ตารางผนวกที่ 6 แสดงประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสปีดพันธุ์โคเพสเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม จากคะแนนจากแบบประเมินระหว่างเรียน กับแบบคะแนนจากแบบประเมินหลังเรียน ของนักศึกษา จำนวน 15 คน

นักศึกษาคนที่	คะแนนจากแบบประเมินระหว่างเรียน (36 คะแนน)	คะแนนจากแบบประเมินหลังเรียน (36 คะแนน)
1	30	31
2	29	28
3	30	28
4	29	28
5	32	32
6	31	33
7	31	30
8	32	31
9	30	29
10	29	28
11	34	32
12	30	31
13	29	30
14	33	32
15	34	31
รวม	463	454
คะแนนเฉลี่ย	30.87	30.27
คิดเป็นร้อยละ	85.75	84.08

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 กล่าวคือ ประสิทธิภาพของ กระบวนการ (คะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละของการทดสอบระหว่างเรียน) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละจากการประเมินผลภาคปฏิบัติ) จะมีค่าโดยประมาณ 80/80 ตามลำดับ โดยใช้สูตร E_1/E_2

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\frac{(\sum x) \times 100}{N}}{A}$$

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\frac{(\sum F) \times 100}{N}}{B}$$

E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน
คิดเป็นร้อยละของการตอบคำถามของแบบประเมินระหว่างเรียน

E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละ จากการประเมินผลภาคปฏิบัติ
หลังเรียน

$\sum x$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบประเมินระหว่างเรียน

$\sum F$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบประเมินระหว่างเรียนจากการประเมินผล
ภาคปฏิบัติหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบประเมินระหว่างเรียน

B = คะแนนเต็มของการประเมินผลภาคปฏิบัติหลังเรียน

2. การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบประเมิน โดยใช้สูตร (บุญเรียง, 2536:27)

$$\begin{array}{lll} \text{สูตร} & \bar{X} & = \frac{\sum fx}{n} \\ \text{เมื่อ} & \bar{X} & = \text{ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง} \\ & fx & = \text{ผลคูณระหว่างคะแนนกับความถี่ของคะแนนนั้น} \\ & n & = \text{จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง} \end{array}$$

3. วิเคราะห์ผลการตอบแบบสอบถามแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนสำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) (บุญเรียง, 2536:27)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum fx}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม
 fx = ผลคูณระหว่างคะแนนกับความถี่ของคะแนนนั้น
 n = จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ 7 ผลการทดลองจากนักศึกษาชั้นทดลองกลุ่มขนาดกลาง ของการเรียนรู้ด้วย
 หุ่นจำลองขงพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (5 คน)
 (n=5)

เครื่องมือ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
แบบประเมินระหว่างเรียน	36	30.40	84.44
แบบประเมินหลังเรียน	36	28.60	79.44

จากตารางผนวกที่ 7 นักศึกษาทำแบบประเมินระหว่างเรียนถูกต้องร้อยละ 84.44 และทำแบบ
 ประเมินหลังเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 79.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดลองจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เรียนรู้ด้วยหุ่นจำลองขงพาราระบบ
 สืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
 (n=15)

เครื่องมือ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
แบบประเมินระหว่างเรียน	36	30.87	85.75
แบบประเมินหลังเรียน	36	30.27	84.08

จากตารางผนวกที่ 8 นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินระหว่างเรียนถูกต้องร้อยละ 85.75
 และทำแบบประเมินหลังเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 84.08 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
 ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



ภาคผนวก ข
ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อหุ่นจำลองยางพารา

**แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา
ที่มีต่อหุ่นจำลองทางพาราระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม**

ข้อมูลส่วนตัว

1. เพศ ☐ ชาย

☐ หญิง

2. ระดับชั้นปี.....

3. ภาควิชา.....

โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง					
ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้าง					
ขนาดของความสูงหุ่นจำลองมีความเหมาะสม					
การจัดวางตำแหน่งส่วนประกอบของอวัยวะ					
ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ติดตั้งรวมด้วย					
ความประณีตในการจัดสร้าง					
ชิ้นงานมีความน่าสนใจ					
เสียงประกอบที่ใช้มีความน่าสนใจ					
วงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการเรียนรู้					
หุ่นจำลองเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา					
หุ่นจำลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน					
มีทักษะในการผสมเทียมมากขึ้น					
มีความพอใจที่ได้เรียนรู้ด้วยสื่อหุ่นจำลอง					
ประโยชน์ที่ได้รับจากสื่อหุ่นจำลอง					

**การวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อหุ่นจำลองยางพารา
ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม**

ผลของการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา จะนำมาคิดคะแนนเฉลี่ยโดย
คำนวณจากคำตอบที่เลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ มาก
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายความว่า	ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อ
สื่อหุ่นจำลองยางพารา ระบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสม
เทียม จากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้ง 15 คน สรุปได้ดังนี้

ตารางผนวกที่ 9 สรุปผลระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบ
สืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม
จากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 คน

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
1. ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง	4.5	มาก
2. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้าง	4.63	มากที่สุด
3. ขนาดของความสูงหุ่นจำลองมีความเหมาะสม	4.46	มาก
4. การจัดวางตำแหน่งส่วนประกอบของอวัยวะ	4.53	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ติดตั้งร่วมด้วย	4.67	มากที่สุด
6. ความประณีตในการจัดสร้าง	4.6	มากที่สุด
7. ชิ้นงานมีความน่าสนใจ	4.8	มากที่สุด
8. เสียงประกอบที่ใช้มีความน่าสนใจ	4.9	มากที่สุด
9. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการเรียนรู้	4.67	มากที่สุด
10. หุ่นจำลองเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	4.9	มากที่สุด
11. หุ่นจำลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	4.93	มากที่สุด
12. มีทักษะในการผสมเทียมมากขึ้น	4.93	มากที่สุด
13. มีความพอใจที่ได้เรียนด้วยสื่อหุ่นจำลอง	4.9	มากที่สุด
14. ประโยชน์ที่ได้รับจากสื่อหุ่นจำลอง	4.93	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	4.42	มาก

จากตารางผนวกที่ 9 แสดงถึงระดับคะแนนจากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อหุ่นจำลองยางพาราแบบสืบพันธุ์โคเพศเมียประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการฝึกหัดผสมเทียม ของนักศึกษาทั้ง 15 คน ระดับค่าคะแนนเฉลี่ยรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายบริพัฒน์ นันทพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ศิลปบัณฑิต (เครื่องปั้นดินเผา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ในวารสาร ระดับชาติและระดับนานาชาติ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2551