ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์และการผลิตสัตว์)

ปริญญา

การปรับปรุงพันธุ์และการผลิตสัตว์ | สัตวบาล

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกร

Effect of Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) Supplementation on Boar Semen Quality

นามผู้วิจัย นายเดชณรงค์ สินพูล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ศรีสุวรรณ ชมชัย, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์เนรมิตร สุขมณี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกร

Effect of Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) Supplementation on Boar Semen Quality

โดย

นายเดชณรงค์ สินพูล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์และการผลิตสัตว์)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดชณรงค์ สินพูล 2556: ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การปรับปรุงพันธุ์และการผลิตสัตว์) สาขาการปรับปรุงพันธุ์และการผลิตสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ศรีสุวรรณ ชมชัย, วท.ม. 94 หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร ใช้พ่อสุกรพันธุ์ดูรอค จำนวน 15 ตัว อายุเฉลี่ย 24 เดือน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว พ่อพันธุ์สุกรทุกกลุ่มได้รับอาหารสำหรับเลี้ยงพ่อพันธุ์สุกรเป็นอาหารควบคุมแล้วเสริม MAC ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมไม่เสริม MAC (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ 3 เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน จากผลการทดลองพบว่า พ่อพันธุ์สุกรกลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ live sperm สูงกว่าพ่อพันธุ์สุกรในกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาตรของน้ำเชื้อ ความเข้มข้นของตัวอสุจิ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm เปอร์เซ็นต์ progressive movement ความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของตัวอสุจิ ของพ่อพันธุ์สุกรทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อศึกษาระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกรพบว่าค่าเฉลี่ยระดับแร่ธาตุซีลีเนียมในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกรกลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และพบว่าระดับของแร่ธาตุแคลเซียม โครเมียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส โพแตสเซียม และสังกะสี ในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกรทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกรต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร พบว่า อัตราการผสมติด อัตราการเข้าคลอด จำนวนลูกแรกคลอดทั้งหมดต่อครอก และจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตต่อครอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dechnarong Sinpool 2013: Effect of Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) Supplementation on Boar Semen Quality. Master of Science (Animal Breeding and Production), Major Field: Animal Breeding and Production, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Srisuwan Chomchai, M.S. 94 pages.

The experiment was conducted to investigate the effect of Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) supplementation on boar semen quality. Fifteen Duroc boars, average 24 months of age, were allocated randomly into 3 treatments. Each treatment consisted of five boars. All treatments were fed with boar diet (basal feed). The boars in treatment 1 were provided with basal feed (control group), treatment 2 basal feed + 1 liter/ton of MAC and treatment 3 basal feed + 2 liter/ton of MAC in the diet. The results indicated that the boars in treatment 2 and 3 had higher percentage of live sperm ($P<0.05$) than control group. There were not significant difference ($P>0.05$) of color, pH, semen volume, sperm concentration, total sperm per ejaculation, motile sperm, percentage of progressive movement, velocity and movement of sperm and percentage of abnormal sperm of the boars in all treatment. The results from analysis of minerals level in serum of the boar found that there were not significant difference of calcium, magnesium, chromium, cobalt, copper, iron, manganese, potassium and zinc ($P>0.05$) but only selenium level of the boar in treatment 2 and 3 had higher than control group ($P<0.01$). The were not significant difference ($P>0.05$) of fertility of the sow which is inseminated by the semen of each treatment boar.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศรีสุวรรณ ชมชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการศึกษา ทักษะในการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการจัดทำวิทยานิพนธ์ และข้าพเจ้าขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมิต ยิ้มมงคล ประธานการสอบและศาสตราจารย์ ปรารถนา พฤกษะศรี ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ การแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย (Industrial Technology Assistance Program, ITAP) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัท เบทาโกรเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด (ฟาร์มสุกรพันธุ์เขาน้ำสุด) ตลอดจนเจ้าหน้าที่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และสัตว์ทดลองในการทำงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อจำเริญ สินพูล คุณแม่สมควร สินพูล ที่อบรมเลี้ยงดู ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา เป็นขวัญและกำลังใจให้ข้าพเจ้าจนประสบความสำเร็จดังความตั้งใจมาตลอด ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนจนได้สำเร็จการศึกษา และขอบคุณพี่น้องและเพื่อนทุกๆ คนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ในท้ายที่สุดขอให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้จงเป็นประโยชน์แก่ผู้ศึกษาค้นคว้า เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาสืบต่อไป

เดชณรงค์ สินพูล

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	48
อุปกรณ์	48
วิธีการ	50
ผลและวิจารณ์	56
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	82
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเชื้อสุกร	5
2	ค่าปกติของน้ำเชื้อพ่อสุกร	12
3	แสดงการเปรียบเทียบผลของการได้รับไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร	26
4	ความต้องการแร่ธาตุของพ่อสุกร	29
5	บทบาทของแร่ธาตุรองในระบบต่างๆในร่างกาย	30
6	การดูดซึมแร่ธาตุอินทรีย์และอนินทรีย์บริเวณลำไส้เล็ก	45
7	ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร	57
8	ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกร	65
9	สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรที่ผสมด้วยน้ำเชื้อพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหาร	66
10	ความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจในการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกร	70

ตารางผนวกที่

1	องค์ประกอบของ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC)	91
2	ค่าโภชนะของอาหารควบคุม	92
3	สูตรสารละลายน้ำเชื้อ NSRTC 4	92
4	ผลของช่วงระยะเวลาที่พ่อสุกรได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพตัดขวางของท่อเซมินิเฟอรัสทูบูล	7
2	ขั้นตอนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้	9
3	ลักษณะอสุจิที่ผิดปกติ	20
4	โครงสร้างของ ไคติน-ไคโตซาน	22
5	ปฏิกิริยาการกำจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์โดยเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซม์ดิสมิวเตส	34
6	โครงสร้างทางเคมีของสารกลูโคสทอเลอเรนซ์ แฟคเตอร์ (glucose tolerance factor, GTF) (NA=Nicotinic acid, Gly=Glycine, Cys=Cysteine และ Glu=Glutamic acid)	40

ภาพผนวกที่

1	กระบวนการเกิดคีเลท	90
2	กระบวนการผลิตคีเลท	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สุกร

Effect of Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) Supplementation on Boar Semen Quality

คำนำ

ปัญหาในการผสมเทียมสุกรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่มีผลทำให้สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรไม่ได้ดีตามเป้าหมาย ปัจจัยอย่างหนึ่งคือ คุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกรที่มีคุณภาพไม่ดี ไม่ได้มาตรฐาน ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพน้ำเชื้อนี้มีอยู่หลายอย่าง บางครั้งอาจจะเกิดจากการจัดการดูแลพ่อพันธุ์ที่ไม่ดี หรืออาจจะเกิดจากความผิดปกติของตัวพ่อพันธุ์เอง เนื่องจากคุณภาพของน้ำเชื้อที่เปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพในการปฏิสนธิของเซลล์อสุจิ การจัดการพ่อพันธุ์สุกรเช่น การดูแลสุขภาพ การจัดการเรื่องอุณหภูมิภายในโรงเรือนพ่อพันธุ์ การใช้งานพ่อพันธุ์ การจัดการการให้อาหารทั้งวิธีการให้อาหารและคุณภาพของอาหาร สิ่งต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของน้ำเชื้อพ่อสุกรทั้งสิ้น อาหารที่ให้แก่พ่อสุกรรีดน้ำเชื้อนั้น นอกจากพ่อสุกรจะนำอาหารไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต เพิ่มน้ำหนักตัวแล้ว ยังต้องนำไปใช้เพื่อสร้างเซลอสุจิด้วย จะเห็นว่าถ้าเลี้ยงพ่อสุกรให้ขาดสารอาหารอาจจะมีผลทำให้ความเข้มข้นของตัวอสุจิลดลง ทำให้ลูกอัณฑะฝ่อลง การเคลื่อนไหวของตัวอสุจิช้าลงและอาจจะทำให้การเป็นหนุ่มของสุกรตัวผู้ช้าลงอีก ความต้องการสารอาหารของพ่อสุกรจะแตกต่างกันไป ในระยะที่ไม่ได้เก็บน้ำเชื้อ หรือพ่อสุกรไม่ได้ผสมพันธุ์ ควรจะให้สารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่ในระยะที่มีการใช้งานหรือในระยะที่รีดเก็บน้ำเชื้อประจำ ความต้องการสารอาหารของพ่อสุกรจะเพิ่มขึ้น ปัจจุบันความจำเป็นในการเสริมแร่ธาตุและไวตามินต่างๆมีความสำคัญมาก โดยแร่ธาตุจะเป็นโครงสร้างและเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ อวัยวะและควบคุมการทำงานของร่างกาย ปัจจุบันนอกจากพ่อสุกรจะได้รับอาหารปกติแล้ว ยังมีการเสริมแร่ธาตุ และไวตามินหลายตัวที่จำเป็นสำหรับพ่อสุกร เพื่อให้พ่อสุกรมีผลผลิต และคุณภาพน้ำเชื้อที่ดีขึ้น เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม เหล็ก สังกะสี ซีลีเนียม ไอโอดีน โครเมียม แอล-คาร์นิทีน วิตามินเอ และวิตามินอี เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate เป็นแร่ธาตุอินทรีย์ ชนิดหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และแร่ธาตุอินทรีย์ ดังนี้ แคลเซียม (Calcium) แมกนีเซียม (Magnesium) โพแตสเซียม (Potassium) เหล็ก (Iron) สังกะสี (Zinc) แมงกานีส (manganese) ซีลีเนียม (Selenium) ทองแดง (Copper) โครเมียม (Chromium) และโคบอล (Cobalt) โดยที่ในส่วนของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นอนุพันธ์ของไคตินและไคโตซานโดยเป็นสารสกัดจากเปลือกกุ้ง กระดองปู ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีสารพิษเจือปน ที่มีทั้งสายโมเลกุลยาวและสั้น โดยผ่านกระบวนการผลิตถึง 3 เทคโนโลยีอันประกอบด้วยไคโตเทคโนโลยี นาโนเทคโนโลยี และไบโอเทคโนโลยี โดยเอ็นไซม์จากธรรมชาติ จึงทำให้มีความบริสุทธิ์มากกว่าและมีขนาดที่เล็กกว่าไคโตซานทั่วไป 1,000 เท่า สัตว์จึงสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้เร็วและนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีฤทธิ์ในการช่วยต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร และขับสารพิษออกจากร่างกายสัตว์ ทำให้สัตว์มีระบบการขับถ่ายที่ดี ส่งผลให้สัตว์แข็งแรง มีความต้านทานโรคสูง ไม่มีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และจากการศึกษาผลของการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกรของ ธนากร (2553) พบว่าช่วยให้เปอร์เซ็นต์ live sperm และความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ยเป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายของตัวอสุจิเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติในส่วนของหัวอสุจิลง จึงทำให้มีการพัฒนาโดยการนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาเสริมร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์หลายชนิดที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบสืบพันธุ์พ่อสุกรให้ดีขึ้น และผลิตน้ำเชื้อที่ดีมีคุณภาพ

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate จึงมีความน่าสนใจในการที่จะนำมาเสริมในอาหารให้กับพ่อสุกรเพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำเชื้อให้ดีขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษา ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร ถ้าการใช้ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate สามารถช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อสุกรให้ดีขึ้นจริงก็จะทำให้ผู้เลี้ยงสุกรสามารถลดต้นทุนในการผลิตสุกรลงได้มากขึ้น เนื่องจากเมื่อคุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้นมากจำนวนพ่อสุกรที่ใช้ก็จะลดลง เกษตรกรสามารถเลี้ยงพ่อพันธุ์ที่มีพันธุกรรมที่ดีเลิศไม่กี่ตัวซึ่งจะทำให้การปรับปรุงพันธุ์สุกรของประเทศเป็นไปอย่างรวดเร็ว จะเป็นประโยชน์ต่อวงการปศุสัตว์อย่างมหาศาลในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร

2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแตสเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ซีลีเนียม ทองแดง โครเมียม และโคบอลต์ ในซีรั่มของพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อ

3. เพื่อศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกรต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

น้ำเชื้อ

องค์ประกอบของน้ำเชื้อ

น้ำเชื้อ ประกอบด้วย ส่วนของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือตัวอสุจิ (spermatozoa) และส่วนของเหลวหรือเซมินัลพลาสมา (seminal plasma) หรือน้ำกาม (Hafez, 1993) โดยตัวอสุจิเกิดจากกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ซึ่งตัวอสุจิจะถูกสร้างขึ้นมาเมื่ออายุได้ 80-150 วัน และหลั่งน้ำเชื้อได้เมื่ออายุ 5.5-6 เดือน (ศรีสุวรรณ, 2542) สำหรับน้ำกามซึ่งสร้างมาจากต่อมร่วมสร้างน้ำกามต่างๆ ได้แก่ ต่อมน้ำกาม (seminal vesicles) ต่อมนี้ผลิตของเหลวออกมา 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำกาม ซึ่งของเหลวประกอบด้วย น้ำตาลฟรุคโตส (fructose) และซอร์บิทอล (sorbitol)นอกจากนี้ยังมีโปรตีน โพแตสเซียม กรดซิตริก ต่อมลูกหมาก (prostate gland) ทำหน้าที่ผลิตน้ำล้างท่อปัสสาวะและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โซเดียม โคลีน และยังผลิตสารละลายป้องกันตัวอสุจิจากการถูกจับให้เป็นชั้น และต่อมข้างท่อปัสสาวะ (cowper's glands หรือ bulbo urethral glands) ต่อมนี้จะผลิตสารหล่อลื่น ผลิตวัตถุเหลวใส เพื่อชะล้างท่อปัสสาวะก่อนที่น้ำเชื้อจะผ่านออกและยังผลิตเม็ดสาคูเพื่ออุดตันปากช่องคลอดของแม่สุกรไม่ให้น้ำเชื้อไหลกลับหลังการผสมพันธุ์ (ศรีสุวรรณ, 2542)

ตัวอสุจิ (spermatozoa) คือ เซลล์ที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสัตว์เพศผู้ ถูกผลิตในท่อเซมินิเฟอรัส (seminiferous tubule) ของอัณฑะโดยขบวนการสร้างอสุจิที่เรียกว่า spermatogenesis อสุจิจะถูกส่งมาเก็บสะสมไว้ที่ท่อพักอสุจิ (epididymis) ในส่วนนี้อสุจิมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงเป็นตัวอสุจิที่สมบูรณ์และพร้อมหลั่งออกนอกร่างกาย (Hafez, 1993) การผลิตอสุจิถูกกระตุ้นโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า คือ ลูติไนซิงฮอร์โมน (luteinizing hormone; LH) และฟอลลิเคิลสติมูลเลติงฮอร์โมน (follicle stimulating hormone; FSH) โดยฮอร์โมน LH มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของอินเตอร์สติเลียล (interstitial) หรือเซลล์เลดิก (leydig cell) ซึ่งเซลล์เลดิกทำหน้าที่ในการหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) และฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีผลกระตุ้นท่อเซมินิเฟอรัสให้ทำหน้าที่ผลิตตัวอสุจิ และนอกจากนี้ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนยังมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา และการทำงานของต่อมร่วมต่างๆ ได้แก่ seminal vesicle, prostate gland และ cowper's gland หรือ bulbo-urethal gland ส่วนฮอร์โมน FSH มีผลต่อขบวนการสร้างตัวอสุจิ (Hafez, 1970)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเชื้อสุกร

Characteristic on component	Range
Ejaculate volume (ml)	150-200
Sperm concentration (million/ml)	200-300
Sperm/ejaculation (billion)	30-60
Motile sperm (%)	50-80
Morphologically normal sperm (%)	70-90
Protein (g/100 ml)	3.7
pH	7.3-7.8
Fructose (mg/100 ml)	9
Sorbital (mg/100 ml)	6-18
Citric acid (mg/100 ml)	173
Inositol (mg/100 ml)	380-630
Glycerophosphorylcholine (mg/100 ml)	110-240
Ergothioneine (mg/100 ml)	17
Sodium (mg/100 ml)	587
Potassium (mg/100 ml)	197
Calcium (mg/100 ml)	6
Magnesium (mg/100ml)	5-14
Chloride (mg/100 ml)	260-430

ที่มา: Hafez (1993)

ส่วนของเหลว เป็นสารคัดหลั่งจากต่อมร่วมต่างๆ (accessory glands) ของระบบสืบพันธุ์เพศผู้ ทำหน้าที่แขวนลอยและกระตุ้นให้อสุจิเคลื่อนไหว เพื่อจะนำพาอสุจิจากระบบสืบพันธุ์เพศผู้เข้าสู่ระบบสืบพันธุ์เพศเมียขณะผสมพันธุ์ และทำหน้าที่ปกป้องอสุจิด้วย (Hafez, 1993) นอกจากนี้ เซมินัลพลาสมาทำหน้าที่เป็นสารที่ปรับสภาพความเป็นกลาง (buffer medium) และเป็นแหล่งพลังงานของตัวอสุจิ โดยปกติเซมินัลพลาสมามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 7.0 และมีแรงดันเท่ากับแรงดันเลือด (เกลือ NaCl 0.9%) (Hafez, 1974) เซมินัลพลาสมาประกอบด้วย โซเดียม

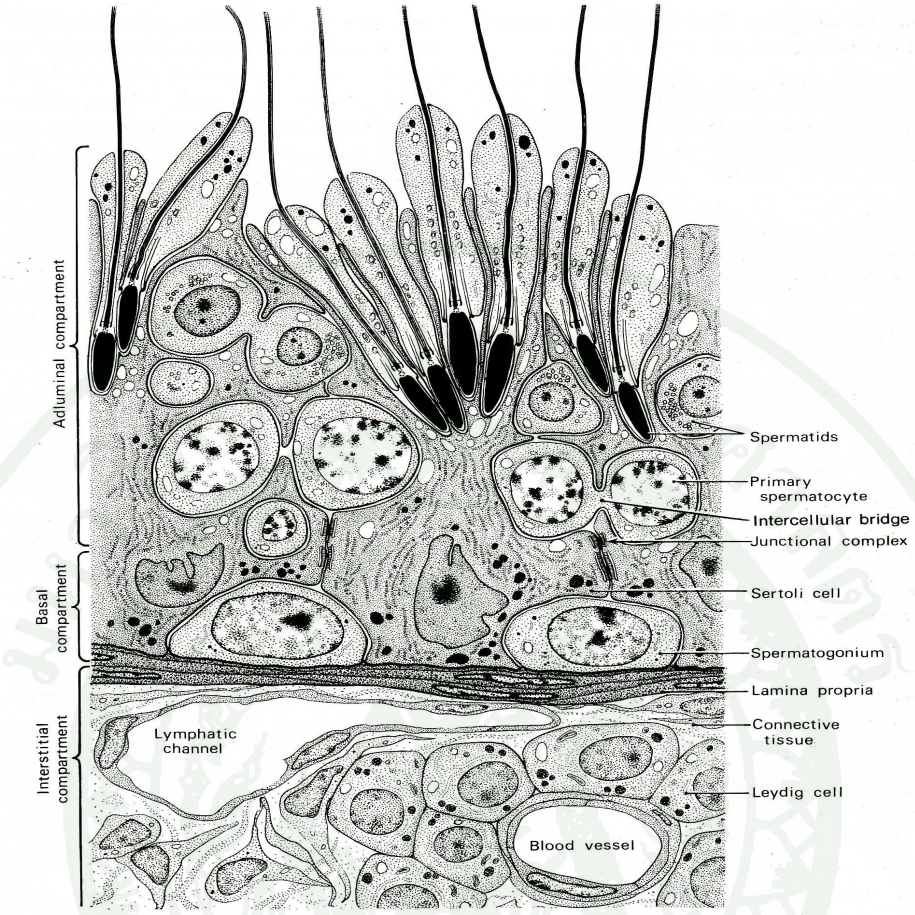
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม อินอซิทอล (inositol) ฟรุคโตส ซอร์บิทอล กรดซิตริค (Citric acid) กลีเซอโรฟอสฟอริลโคลีน (glycerophosphorylcholine; GPC) เออโกไทโอนีน (ergothionine) อยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ยังมี กรดแอสโคบิค (ascorbic acid) กรดอะมิโน เปปไทด์ โปรตีน ไลปิด (lipid) กรดไขมัน (fatty acid) และเอนไซม์ (enzyme) ในปริมาตรมากเช่นกัน ปริมาตรส่วนประกอบของเซมินัลพลาสมาขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของต่อมร่วม ในเซมินัลพลาสมายังมี antimicrobial ซึ่งประกอบด้วย seminalplasmin และ immunoglobulin ที่สำคัญคือ IgA และนอกจากนี้ยังประกอบด้วยฮอร์โมนหลายชนิด ได้แก่ แอนโดรเจน (androgen) เอสโตรเจน (estrogen) โปรสตาแกลนดิน (prostaglandins) FSH LH โคริโอนิกโกนาโดโทรปินไลท์มาเทอเรียล (chorionic gonadotropin-like material) ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต (growth hormone) อินซูลิน (insulin) กลูคากอน (glucagon) โปรแลคติน (prolactin) รีแลคซิน (relaxin) ไทรอยด์รีรีสซิงฮอร์โมน (thyroid-releasing hormone) เอนเคปาลิน (enkephalins) (Hafez, 1993) และฮอร์โมนออกซิโตซิน (Watson *et al.,* 1999)

กระบวนการสร้างตัวอสุจิ

กระบวนการสร้างตัวอสุจิ (spermatogenesis) เป็นกระบวนการที่สเปอร์มาโตโกเนีย (spermatogonia) มีการพัฒนาจนกลายเป็นสเปอร์มาโตซัว (spermatozoa) กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นใน ท่อเซมินิเฟอรัสทูบูล (seminiferous tubules) ที่อยู่ในอันฑะ (สุรชัย, 2545) ท่อเซมินิเฟอรัสทูบูล มีลักษณะเป็นท่อเล็ก ๆ ขดไปมาอยู่ภายในลูกอัณฑะ ภายในท่อเซมินิเฟอรัสทูบูลประกอบด้วย เจิมเซลล์ (germ cell) หรือ สเปอร์มาโตโกเนีย มีขนาดกลมเล็กและมีจำนวนมาก และเซอร์โทไลเซลล์ (sertoli cell) เป็นเซลล์มีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้อย ซึ่งเซลล์เหล่านี้ทำหน้าที่ผลิตตัวอสุจิโดยจะผลิตตลอดเวลา (ศรีสุวรรณ, 2542) จากภาพที่ 1 ส่วนของท่อเซมินิเฟอรัสทูบูลแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ สเปอร์มาโตโกเนีย ที่อยู่ใกล้ เซอร์โทไลเซลล์ การสร้าง สเปอร์มาโตซัวเกิดขึ้นบริเวณผนังเซลล์ของ ท่อเซมินิเฟอรัสทูบูล ใกล้เยื่อบุผิวเบสเมนท์ เมมเบรน ซึ่งเป็นบริเวณที่ สเปอร์มาโตโกเนีย เริ่มมีการแบ่งตัว และได้เป็น ไพรมารี่ สเปอร์มาโตไซต์ (primary spermatocyte) เซคันดารี่ สเปอร์มาโตไซต์ (secondary spermatocyte) สุดท้ายได้เป็น สเปอร์มาทิด (spermatid) (Senger, 1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ภาพตัดขวางของท่อเซมินิเฟอรัสทูบูล

ที่มา: Senger (1999)

สุกรเพศผู้จะเริ่มผลิตตัวอสุจิขั้นแรก (primary spermatocyte) ในลูกอัณฑะเมื่ออายุได้ประมาณ 3 เดือน หลังจากเกิดมาแล้ว การผลิตอสุจิขั้นที่ 2 (secondary spermatocyte) เมื่อเริ่มอายุได้ประมาณ 4-5 เดือน และจะมีตัวอสุจิปรากฏขึ้นเมื่ออายุประมาณ 5-6 เดือน แต่อสุจิระยะนี้ยังไม่สมบูรณ์ เมื่ออายุได้ประมาณ 6-7 เดือน จะเริ่มมีตัวอสุจิที่สมบูรณ์ แต่มีปริมาณน้อยอยู่ ถ้าหากตรวจพบอสุจิของสุกรเพศผู้จะแสดงถึงการย่างเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (puberty) ของสุกร (ศรีสุวรรณ, 2542) เนื้อลูกอัณฑะของสุกรใน 1 กรัมจะมีอัตราการผลิตตัวอสุจิประมาณ 25-30 ล้านตัวต่อวัน และเมื่อคิดคำนวณเป็นต่อวันมีการผลิตตัวอสุจิในพ่อสุกรประมาณ 5,600-14,000 ล้านตัวต่อวัน (อรรณพ, 2545) การสร้างตัวอสุจิของพ่อสุกรทั้งหมดกินเวลา 34.4 วัน และการเคลื่อนย้ายตัวอสุจิไปพักยังท่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีพิดิไดมีส (epididymis) จะใช้เวลา 9-12 วัน (ศรีสุวรรณ, 2542) กระบวนการสร้างตัวอสุจิแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระยะการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatocytogenesis)

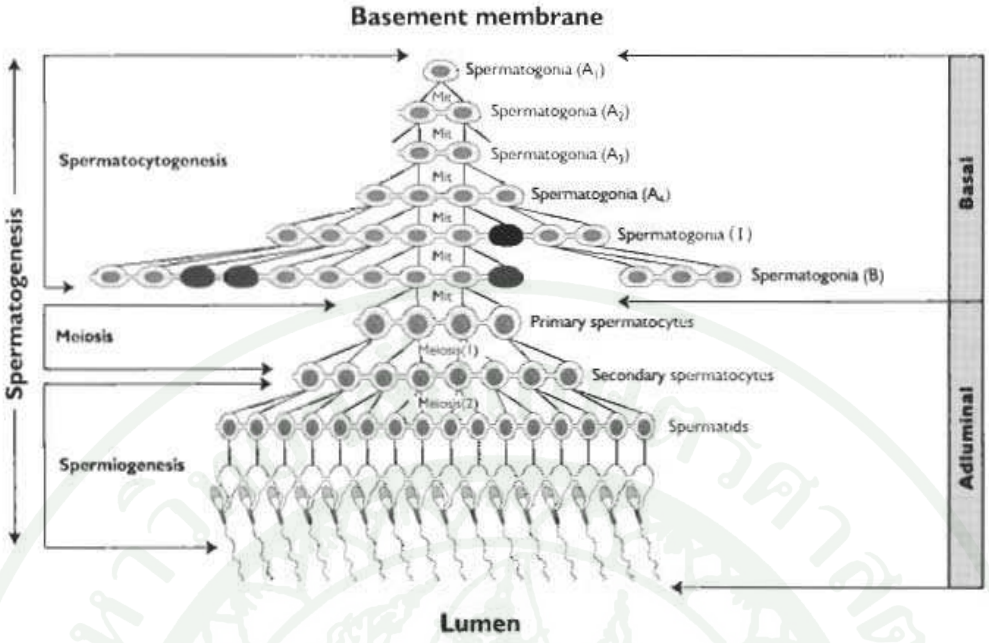
กระบวนการนี้เริ่มจากในตอนที่สัตว์ยังอายุน้อย มีการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ขึ้นมา เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว ในสัตว์เพศผู้จะมีเซลล์สืบพันธุ์ดั้งเดิม (gonocyte) อยู่ในอัณฑะที่บริเวณท่อผลิตอสุจิ เซลล์สืบพันธุ์ดั้งเดิมเหล่านี้เจริญขึ้นเป็นสเปอร์มาโตโกเนีย สเปอร์มา-โตโกเนียมี 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชนิดเอ (A-spermatogonia) ชนิดไอ (I-spermatogonia) ชนิดบี (B-spermatogonia) สเปอร์มาโตโกเนียชนิด A_0 แบ่งตัวได้สเปอร์มาโตโกเนียชนิด A_1 ถึง ชนิด A_4 ต่อจากนั้นสเปอร์มาโตโกเนียชนิด A_4 แบ่งตัวไปเป็นสเปอร์มาโตโกเนียชนิดไอเอ็น แล้วจึงเจริญไปเป็นสเปอร์มาโตโกเนียชนิดบี เป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโตซีส (mitosis) ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างน้อย 1 ครั้ง แล้วจึงกลายเป็นไพรมารี่ สเปอร์มาโตไซต์ และเจริญเป็นเซคันดารี่ สเปอร์มาโตไซต์ มีการลดโครโมโซมในนิวเครียสลงมาครึ่งหนึ่ง ทำให้เซคันดารี่ สเปอร์มาโตไซต์มีโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่ง (haploid) ของเซลล์ร่างกาย ซึ่งเซคันดารี่ สเปอร์มาตัวไซต์มีการแบ่งตัวอีกครั้งโดยไม่มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมกลายเป็น สเปอร์มาทิด (Senger, 1999) ดังแสดงในภาพที่ 2

2. ระยะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอสุจิ (spermiogenesis)

ในระยะนี้เป็นการเจริญของสเปอร์มาทิดไปเป็นตัวอสุจิ โดยมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง มีการสร้างหางและอะโครโซม (acrosome) Senger (1999) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอสุจิแบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 กอลไจเฟส (golgi phase) เป็นระยะแรกในการพัฒนาอะโครโซมโดยมีการรวมกลุ่มของเม็ดขนาดเล็ก (granule) ซึ่งอยู่ในกอลไจ แอพพาราทัส (golgi apparatus) กลายเป็นเม็ดอะโครโซม (acrosome granule) ติดกันอยู่รอบๆ นิวเคลียสของสเปอร์มาทิด และระยะนี้จะเริ่มมีการเจริญของหางในด้านตรงข้ามกับเม็ดอะโครโซม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้

ที่มา: Senger (1999)

ระยะที่ 2 แคปเฟส (cap phase) ระยะนี้กลุ่มเม็ดอะโครโซมจะกระจายล้อมรอบนิวเคลียสของสเปอร์มาทิด เป็นชั้นบางๆ 2 ชั้น มีลักษณะคล้ายหมวก กินเนื้อที่ประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของนิวเคลียส และมีการเจริญของหาง (axoneme) เพิ่มมากขึ้น โดยพรอกซิมอล เซนทริโอล (proximal centriol) เป็นส่วนที่เชื่อมส่วนหัวของตัวอสุจิเข้ากับส่วนหางและดิสตัล เซนทริโอล (distal centriol) จะก่อรูปเป็นหางโดยมีการยืดยาวออกมา โดยมีโครงสร้างเป็นท่อใหญ่ตรงกลาง 1 ท่อ และท่อเล็ก ๆ 9 ท่อ ล้อมรอบ

ระยะที่ 3 อะโครโซมเฟส (acrosome phase) ในระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียส อะโครโซมและหาง โดยนิวเคลียสจะเคลื่อนตัวจากตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณจุดศูนย์กลางมาอยู่ที่บริเวณขอบของเซลล์ มีการรวมตัวของโครมาติน (chromatin) และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของนิวเคลียสจากรูปกลมให้เป็นรูปยาวขึ้นและแบนลง อะโครโซมจะเปลี่ยนรูปร่างไปตามการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสและยังคงมีลักษณะเป็นหมวกหุ้มนิวเคลียสอยู่เช่นเดิม การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสถูกควบคุมโดยเซลล์เซอร์โทไล ซึ่งส่งผลทำให้สเปอร์มาทิดในสัตว์ชนิดต่าง ๆ มีส่วนหัวของอสุจิแตกต่างกันออกไปเป็นลักษณะเฉพาะตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่นิวเคลียส ส่วนหางมีการเจริญขึ้นโดยไซโตพลาสซึมของเซลล์มีการเคลื่อนไปทางส่วนท้ายและห่อหุ้มหางเป็นรูปทรงกระบอก ในส่วนของไซโทพลาสซึมจะมีท่อเล็ก ๆ อยู่ เรียกไซโตพลาสซึมและท่อเล็กๆรวมกันว่า แมนเชตเท (manchette) เป็นส่วนที่ต่อมาจากด้านท้ายของอะโครโซม ส่วนนี้จะห่อหุ้มส่วนหางไว้อย่างหลวมๆ และในแมนเชตเทนั้นมีโครงสร้างที่เป็นไซโตพลาสซึมที่เรียกว่า โครมาตินบอดี (chromatin body) ซึ่งรวมกลุ่มกันและหนาตัวขึ้นรอบ ๆ หาง ส่งผลให้เกิดเป็นวงแหวน เรียกว่า แอนนูลัส (annulus) เกิดขึ้นใกล้กับพรอกซิมอล เซนทริโอล และจะค่อยๆ เคลื่อนตัวมาทางท้ายของส่วนหาง สำหรับไมโตคอนเดรียซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์จะกระจายอยู่ทั่วไปในไซโทพลาสซึม และรวมตัวกันใกล้บริเวณส่วนหางกลายเป็นแผ่นอยู่รอบหางส่วนมิดพีชของสเปอร์มาทิด

ระยะที่ 4 แมนทรูเรชันเฟส (maturation phase) ในระยะนี้มีการพัฒนาเพื่อให้โตเต็มวัย เช่น เกิดการหุ้มของไมโตคอนเดรียชีท และการเจริญของไฟบรัสชีท หุ้มพันรอบหาง ในระยะนี้ถ้าตัวอสุจิยังเกาะติดอยู่กับเซลล์เซอร์โทไล จะยังมีไซโตพลาสมิค ดรอปเลท (cytoplasmic droplet) บริเวณหางส่วนมิดพีช และจะสลายตัวไปเมื่อเคลื่อนตัวหลุดออกจากเซลล์เซอร์โทไลเพื่อผ่านไปยังท่ออีพิดิไดมีส

การควบคุมการสร้างตัวอสุจิ

ฮอร์โมนเพศชาย หรือ เทสโทสเทอโรน (testosterone) เป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างตัวอสุจิ โดยสร้างมาจากเซลล์อินเตอร์สติเชียล (interstitial cell) หรือเซลล์เลย์ดิค (leydig cell) ซึ่งติดอยู่กับเซมินิเฟอร์รัสทิวบูล เซลล์เลย์ดิคถูกกระตุ้นด้วยฮอร์โมนลูติไนซิ่ง ทำให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเทอโรน ส่วนฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมูเลติ้ง จะกระตุ้นให้เซลล์เซอโตไล (sertoli cell) สร้างโปรตีนชนิดเอบีพี (androgen binding protein, ABP) โดยเอบีพีทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของฮอร์โมนเทสโทสเทอโรน (testosterone, T) ในเซมินิเฟอร์รัสทิวบูล โดยจับกับแอนโดรเจนกลายเป็น ABP-T กระตุ้นให้มีการสร้างตัวอสุจิ ฮอร์โมนแอนโดรเจนเองก็มีบทบาทในการกระตุ้นให้เซลล์เซอโตไลตอบสนองต่อฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมูเลติ้งมากขึ้นด้วย ดังนั้น หน้าที่ของฮอร์โมนโกนาโดโทรปินทั้งสองชนิด (ฮอร์โมนลูติไนซิ่ง และ ฮอร์โมนฟอลลิเคิลสติมูเลติ้ง) คือ รักษาระดับของเทสโทสเทอโรนและไดไฮโดรเทสโทสเทอโรนในเซมินิเฟอรัสทิวบูล ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการสร้างตัวอสุจิ และทำให้เกิดตัวอสุจิที่สมบูรณ์ (มงคล, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมแทบอลิซึมของตัวอสุจิ

น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับการมีชีวิตและการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ ซึ่งน้ำตาลที่มีอยู่ในเซมินอลพลาสมาคือ ฟรุคโตส ส่วนน้ำตาลกลูโคสก็เป็นแหล่งพลังงานชนิดหนึ่งที่อสุจิสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และนิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในสารเจือจางน้ำเชื้อ โดยอสุจิสามารถนำน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และไมโทคอนเดรียออกซิเดทีฟ ฟอสโฟรีเลชั่น (mitocondrial oxidative phosphorelation) เพื่อสร้างพลังงาน สนับสนุนการมีชีวิตและการเคลื่อนที่ (Naing *et al*., 2010) ผลที่ได้จากการใช้ประโยชน์จากน้ำตาลของอสุจิคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และกรดแลคติค โดยหากมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับสูง จะมีผลไปยับยั้งการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ และหากปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะเกิดการสะสมของกรดแลคติค จะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้อลดลง และมีผลทำให้การมีชีวิตรอดของตัวอสุจิน้อยลง (ศรีสุวรรณ, 2542)

คุณภาพของน้ำเชื้อ

คุณภาพของน้ำเชื้อมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อจึงเป็นการประเมินคุณภาพของอสุจิ โดยอาศัยลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาตร สี ความเป็นกรดเป็นด่าง อสุจิที่เคลื่อนไหวได้หรือมีชีวิต ความเข้มข้นของน้ำเชื้อ ความผิดปกติของตัวอสุจิ โดยการย้อมสีเพื่อดูตัวเป็น ตัวตาย และเพื่อดูรูปร่างและความผิดปกติของตัวอสุจิ โดยปกติแล้วน้ำเชื้อสดจะพบความผิดปกติของตัวอสุจิประมาณร้อยละ 20 และสำหรับน้ำเชื้อแช่แข็งพบความผิดปกติของตัวอสุจิประมาณร้อยละ 50 ความผิดปกติที่พบมาก คือ บริเวณอะโครโซม (ศรีสุวรรณ, 2542) โดยค่าปกติของน้ำเชื้อพ่อสุกร เป็นค่าที่บ่งชี้หลังจากการตรวจคุณภาพน้ำเชื้อซึ่งมีความผิดปกติไปจากน้ำเชื้อทั่วไปหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 2

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การประเมินคุณภาพน้ำเชื้อมีความสำคัญต่อการศึกษาความสามารถในการอยู่รอดของอสุจิก่อนที่จะนำน้ำเชื้อไปทำการเก็บรักษาต่อไป (Saacke, 1982) ลักษณะของน้ำเชื้อที่ใช้ในการประเมินได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ปริมาตรน้ำเชื้อ

น้ำเชื้อสุกรมีปริมาตรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อายุ ขนาดอัณฑะ พันธุ์สุกรแต่ละตัว อาหาร ฤดูกาล อุณหภูมิ ความถี่ของการรีด และวิธีการรีดเก็บน้ำเชื้อ เป็นต้น (Hafez, 1974) ปริมาตรน้ำเชื้อส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซมินัลพลาสมาที่หลั่งมาจากต่อมร่วมต่างๆในระบบสืบพันธุ์เพศผู้ (Hafez, 1993) โดยปกติน้ำเชื้อสุกรมีปริมาตร 150-300 มิลลิลิตร (Hafez, 1993; Rozeboom, 2000)

อายุ สัตว์อายุน้อย มีขนาดอัณฑะเล็ก สามารถผลิตน้ำเชื้อได้ปริมาตรน้อยกว่าสัตว์ที่มีอายุมากกว่า และมีขนาดอัณฑะที่ขนาดใหญ่ (Hafez, 1974) สอดคล้องกับ Kennedy and Wilkins (1984) ที่รายงานว่าปริมาตรน้ำเชื้อเพิ่มขึ้นตามอายุของสุกร และ Greenberg and Mahone (1981) รายงานว่า ปริมาตรน้ำเชื้อส่วนข้นเพิ่มขึ้นตามอายุสุกรเช่นกัน

ตารางที่ 2 ค่าปกติของน้ำเชื้อพ่อสุกร

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
ปริมาตร (มล.)	250	100-500
ความเป็นกรดด่าง	7.5	7.3-7.8
ความเข้มข้น (ล้านตัว ต่อ มล.)	100	25-300
ตัวอสุจิทั้งหมดต่อการหลั่ง (10^9)	25	10-100
การเคลื่อนไหวเฉพาะตัว (%)	70	60-90
ตัวอสุจิปกติ (%)	ไม่น้อยกว่า 80	70-90
ตัวอสุจิผิดปกติ (%)	ไม่เกิน 20	5-20
- ความผิดปกติของส่วนหัว (%)	3	2-5
- มีความผิดปกติของส่วนกลางลำตัว (%)	3	2-5
- ความผิดปกติของส่วนหาง (%)	2.5	1-5
- มีหยดน้ำ (%)	2.5	1-5

ที่มา: อรรณพ (2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ สุกรในแต่ละพันธุ์สามารถให้น้ำเชื้อได้ในปริมาตรที่ต่างกัน โดย Swierstra (1973) รายงานว่า สุกรพันธุ์ Yorkshire มีปริมาตรน้ำเชื้อมากกว่าพันธุ์ Lacombe สอดคล้องกับ Kennedy and Wilkins (1984) ที่รายงานว่า น้ำเชื้อของสุกรพันธุ์ต่างๆ มีปริมาตรไม่เท่ากัน โดยสามารถเรียงลำดับจากปริมาตรมากไปหาปริมาตรน้อยได้ดังนี้ พันธุ์ Yorkshire, Landrace, Duroc, Hampshire และ Lacombe

ฤดูกาล ในแต่ละฤดูกาลสุกรสามารถผลิตน้ำเชื้อได้แตกต่างกัน โดย Kunavongkrit and Prateep (1995) รายงานว่า ในฤดูร้อนสุกรจะผลิตน้ำเชื้อได้ปริมาตรน้อยกว่าในฤดูฝน ($P<0.1$) และในฤดูหนาว สอดคล้องกับ Kennady and Wilkins (1984) ที่รายงานว่า ช่วงเดือนเมษายนสุกรผลิตน้ำเชื้อได้ปริมาตรต่ำที่สุดและสุกรสามารถผลิตน้ำเชื้อได้ปริมาตรเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน

ความถี่ ความถี่ในการรีดน้ำเชื้อเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาตรน้ำเชื้อ โดย Swierstra and Dyck (1976) รายงานว่า สุกรที่รีดเก็บน้ำเชื้อทุกวัน ปริมาตรน้ำเชื้อที่รีดเก็บได้จะน้อยกว่าการรีดเก็บทุก 3 วัน (161 และ 195 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ($P<0.01$) สอดคล้องกับ Swierstra (1973) ที่รายงานว่า การรีดน้ำเชื้อครั้งที่ 1 สุกรให้ปริมาตรน้ำเชื้อมากกว่าเมื่อรีดในครั้งที่ 2 และ 3

ความสกปรกและแบคทีเรีย ความสกปรกและแบคทีเรียที่อาจปะปนมากับน้ำเชื้อภายหลังจากรีดเก็บน้ำเชื้อ จะทำให้การมีชีวิตของตัวอสุจิสั้นลงและทำให้อสุจิตายได้ ภายหลังจากรีดต้องรีบปิดปากภาชนะที่รองเก็บน้ำเชื้อ (ศรีสุวรรณ, 2542)

นอกจากนี้วิธีการเลี้ยงดูก็มีผลต่อการผลิตน้ำเชื้อเช่นกัน โดย Trudeau and Sanford (1986) รายงานว่า สุกรเพศผู้ที่เลี้ยงแยกกับสุกรเพศเมีย ให้ปริมาตรน้ำเชื้อน้อยกว่าสุกรเพศผู้ที่เลี้ยงใกล้กับสุกรเพศมีย ในทำนองเดียวกับงานทดลองของ Hemsworth *et al*., (1981) ที่รายงานว่า สุกรเพศผู้ที่เลี้ยงแยกกับสุกรเพศเมียใช้เวลาหลั่งน้ำเชื้อสั้นกว่าสุกรเพศผู้ที่เลี้ยงใกล้สุกรเพศเมีย ($p<0.05$) และมีบางรายงานกล่าวว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอกและช่วงความยาวแสงในแต่ละวันไม่มีผลต่อปริมาตรน้ำเชื้อ (Wettermann *et al*., 1976; Wettermann *et al.*, 1979; Greenberg and Mahone, 1981)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สีของน้ำเชื้อ

สีของน้ำเชื้อสามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติของน้ำเชื้อหรือพ่อพันธุ์ได้ (Buhr, 1994) และยังสามารถนำมาใช้ประเมินความเข้มข้นของน้ำเชื้ออย่างคร่าวๆ ได้ โดยสีของน้ำเชื้อแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี (good) พอใช้ (fair) และไม่ดี (poor) (Sorensen, 1979)

ดี หมายถึง น้ำเชื้อที่มีสีขาวนวลเหมือนครีม มีความเข้มข้นของอสุจิ

พอใช้ หมายถึง น้ำเชื้อที่มีสีขาวขุ่นเหมือนน้ำนม มีความเข้มข้นของอสุจิน้อยกว่าระดับดี

ไม่ดี หมายถึง น้ำเชื้อที่มีสีใส มีความเข้มข้นน้อย

โดยปกติน้ำเชื้อจะมีสีขาวขุ่นคล้ายนม แต่ถ้าน้ำเชื้อมีสีอื่น แสดงว่าน้ำเชื้ออาจมีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งสกปรก หรืออาจเกิดจากความผิดปกติของพ่อพันธุ์เอง เช่น

สีเหลือง (yellewish) อาจมีส่วนของปัสสาวะปนออกมาด้วย น้ำปัสสวะจะมีผลต่อการมีชีวิตของอสุจิ น้ำเชื้อที่พบมีสีเหลืองจึงนำไปใช้ผสมพันธุ์ไม่ได้

สีชมพู (pinkish) อาจมีส่วนของเซลล์เม็ดเลือดแดงปนออกมา เนื่องจากลึงค์ (penis) เป็นแผลเพราะถูกดึงหรือขูดในระหว่างการรีดน้ำเชื้อ ถ้ามีปริมาณของเลือดปนน้อยอาจนำน้ำเชื้อไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้ามีมากควรทิ้งไป

สีเหลืองคล้ำ อาจเกิดจากเม็ดสี riboflavin ซึ่งปรากฏในสัตว์บางสายพันธุ์ สีที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่ออัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิ ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดขึ้นได้ในบางฤดูกาล

นอกจากนี้ลักษณะของน้ำเชื้อบางอย่าง เช่น น้ำเชื้อมีกลิ่นเหม็น มีลักษณะเหนียวหนืดติดตามหลอดทดลอง มีเกล็ดตะกอน อาจเกิดเพราะมีหนองปนออกมาเนื่องจากพ่อพันธุ์เป็นโรค ควรจะนำสุกรไปรักษาหรือคัดทิ้งต่อไป (Serenson, 1979; Buhr, 1994; Rozeboom, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

น้ำเชื้อสุกรปกติมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.2-7.8 (Hafez, 1993) ความผันแปรของค่าความเป็นกรด-ด่าง ขึ้นอยู่กับการใช้พลังงานจากน้ำตาลฟรุคโตสของอสุจิ ในสภาวะขาดออกซิเจน น้ำตาลฟรุคโทสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค (lactic acid) ทำให้ค่าความเป็นกรด- ด่างของน้ำเชื้อลดลง น้ำเชื้อมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้ำตาลฟรุคโตสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ นอกจากนี้ขณะรีดเก็บน้ำเชื้อถ้ามีน้ำปัสสาวะของพ่อพันธุ์ปะปนลงไป อาจทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงได้ หากน้ำเชื้อมีสภาพความเป็นกรด-ด่างมากเกินไป มีผลให้อัตราเมแทบอลิซึมของอสุจิลดลง (Bearden and Fuquay, 1984) ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ในอสุจิและการมีชีวิตรอดของอสุจิ และทำให้เกิดขบวนการเมแทบอลิซึมสูงที่สุดมีค่าใกล้เคียงกับ 7.0 หรือมีสภาพเป็นกลาง (Sorenson, 1979; Bearden and Fuquay, 1984) ดังนั้นสารเจือจางน้ำเชื้อที่ดีที่เหมาะสมกับน้ำเชื้อ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างสามารถวัดได้โดยใช้กระดาษลิตมัส (lithmus paper) หรือเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

4. ลักษณะรูปร่างของอสุจิ (Morphology of spermatozoa)

รูปร่างลักษณะของอสุจิและความสมบูรณ์ของอะโครโซมมีผลต่อการประเมินอัตราการรอดชีวิตของอสุจิ และยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการปฏิสนธิ คุณสมบัติทั้ง 2 ประการดังกล่าวยังเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อนอกเหนือจากการหาค่าการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว เพราะอสุจิที่เคลื่อนที่อาจจะมีลักษณะรูปร่างผิดปกติ ทำให้ความสามารถในการปฏิสนธิกับไข่ลดต่ำลง ในน้ำเชื้อที่มีอสุจิรูปร่างปกติมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สามารนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Rozeboom, 2000) เปอร์เซ็นต์อสุจิที่มีส่วนหัวรูปร่างปกติน้อยมีความสัมพันธ์กับการลดการปฏิสนธิ (Hafez, 1993) ลักษณะรูปร่างของอสุจิศึกษาโดยการย้อมสี แล้วตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ (microscope) หรือใช้กล้องอิเล็กตรอน (electron microscopy) โดยสีที่ใช้ย้อม ได้แก่ สี eosin-nigrosin, basic fuchsin, eosin-fast green FCF Stain (Soresen, 1979; Laing *et al.,* 1988) Willian stain ใช้สำหรับประเมินลักษณะรูปร่างส่วนหัว ส่วนสี naphthol yellow และ erythrocin stain ใช้ สำหรับประเมินลักษณะของโครโมโซม (Rozeboom, 2000) เป็นต้น น้ำเชื้อที่มีความผิดปกติมากจะมีความสามารถในการผสมติดลดลง (Laing *et al*., 1988) ปกติในน้ำเชื้อที่หลั่งแต่ละครั้งมีทั้งอสุจิที่มีรูปร่างลักษณะปกติและผิดปกติ ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ การทำงานของอัณฑะ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงภายในท่อพักอสุจิ เป็นต้น (Liang *et al.*, 1988) Kunavongkrit and Prateep (1995) รายงานว่า ฤดูกาลที่ต่างกันไม่มีผลกระทบต่ออสุจิรูปร่างผิดปกติ แต่รายงานของ Wettemann *et al.* (1976) พบว่า ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิภายนอกสูงมีผลทำให้อสุจิรูปร่างปกติมีจำนวนลดลง และเปอร์เซ็นต์อสุจิรูปร่างผิดปกติเพิ่มมากขึ้น

4.1 อสุจิรูปร่างปกติ (Normal spermatozoa)

อสุจิรูปร่างปกติประกอบด้วย ส่วนหัวและส่วนหาง ส่วนหางแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนมิดพีช (mid piece) เมนพีช (main piece) และเอนพีช (end piece) (Sorensen, 1979)

ส่วนหัว ยาวประมาณ 8 ไมครอน (micron) ประกอบด้วย นิวเคลียส (homogeneous nucleus) ส่วนบนถูกครอบคลุมโดยหมวก 3 ชั้น (three-layered cap) คือ loose, thin และ dense และส่วนท้ายจะครอบคลุมด้วยโพสนิวเคลียแคป (postnuclear cap) และอะโครโซม (acrosome) จะครอบคลุมส่วนบนของนิวเคลียสของตัวอสุจิ ภายในอะโครโซมประกอบไปด้วยเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับให้อสุจิสามารถเจาะเข้าไปในชั้นโคโรนาเรเดียตา (corona rediata) และชั้นโซน่าเพลลูซิดา (zona pellucida) ของไข่ได้ในระหว่างการปฏิสนธิ

ส่วนหาง ยาวประมาณ 49 ไมครอน เป็นส่วนที่ใช้ในการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ โดยประกอบด้วยเส้นใยขนาดใหญ่ 9 เส้น และเส้นใย 9 เส้นจะล้อมรอบเส้นใย 2 เส้นไว้ตรงกลาง ส่วนมิดพีชจะมีความหนามากกว่าส่วนหางบริเวณอื่นๆ ยาวประมาณ 11 ไมครอน ส่วนนี้จะมีไมโตคอนเดรียพันรอบ ไมโตคอนเดรียจะเปลี่ยนน้ำตาลฟรุคโตสและสารอื่นที่ให้พลังงานไปเป็นส่วนประกอบที่ให้พลังงานสูงที่ตัวอสุจิสามารถนำไปใช้ได้ ส่วนเมนพีชและเอนพีชยาวประมาณ 38 ไมครอน ส่วนเอนพีชจะต่างจากหางส่วนอื่นคือ ไม่มีโปรเทคทีฟชีท (protective sheath) ส่วนหางทั้งหมดมี axial filament ทอดยาวจากด้านที่ส่วนหางติดกับส่วนหัวมาจนถึงปลายหางสุด ภายใน axial filament จะมีไฟบริล (fibrils) เล็ก ๆ อยู่ โดยการบีบรัดตัวของไฟบริลจะทำให้ส่วนหางของอสุจิเกิดการเคลื่อนไหวทำให้อสุจิเคลื่อนที่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 อสุจิรูปร่างผิดปกติ (Abnormal spermatozoa)

อสุจิรูปร่างผิดปกติแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด (Sorensen, 1979) ดังนี้

1. ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงแรก (primary abnormalities) เป็นความผิดปกติที่เกิดที่อัณฑะ โดย การเกิดความผิดปกติในช่วงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอสุจิ (spermatogenic process) และเกิดความไม่เหมาะสมในการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านมาที่ระบบท่อ (สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม)

- ความผิดปกติส่วนหัว ได้แก่
    1. หัวมีลักษณะคล้ายลูกแพร (pyriform หรือ pear-shaped)
    2. หัวมีลักษณะกลม (round)
    3. หัวมีลักษณะยาวหรือผอม (elongated หรือ slender)
    4. หัวมีขนาดเล็ก (microcephalic หรือ small)
    5. หัวมีขนาดใหญ่ (macrocelphalic หรือ giant)
    6. มีสองหัว (double หรือ twin)
    7. อะโครโซมผิดปกติ (abnormal acrosome)
        - ส่วนหมวกหาย (loss of apical ridge)
        - มีปุ่ม (knobbed)
        - เป็นขุย (ruffled)
        - ไม่สมบูรณ์ (incomplete)
        - เสื่อม (deteriorated)

- มิดพีชผิดปกติ ได้แก่
    1. มีลักษณะงอ (bent หรือ kinked at right angle)
    2. ส่วนมิดพีชมี 2 ส่วน (twin หรือ double)
    3. คอบวม (enlarged หรือ swollen)
    4. คอเอียง (off-center attachment หรือ abaxial)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ส่วนหางผิดปกติ ได้แก่
    1. หางม้วน (coiled หรือ curled)
    2. มีสองหาง (double tail)

2. ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วงที่สอง (secondary abnormalities) เป็นความผิดปกติที่เกิดในระบบท่อหลังจากอสุจิเคลื่อนออกมาจากท่อเซมินิเฟอรัสและอัณฑะแล้ว หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดในการสเมียร์ ลักษณะที่ผิดปกติ ได้แก่

    1. หัวขาด (detached heads)
    2. มีจุดหยดน้ำที่ส่วนคอหรือหาง (protoplasmic droplet on neck or tail)
    3. หางพับงอ (shoehook tail)
    4. หมวกหลุด (loose cap from the head)

5. อสุจิมีชีวิต

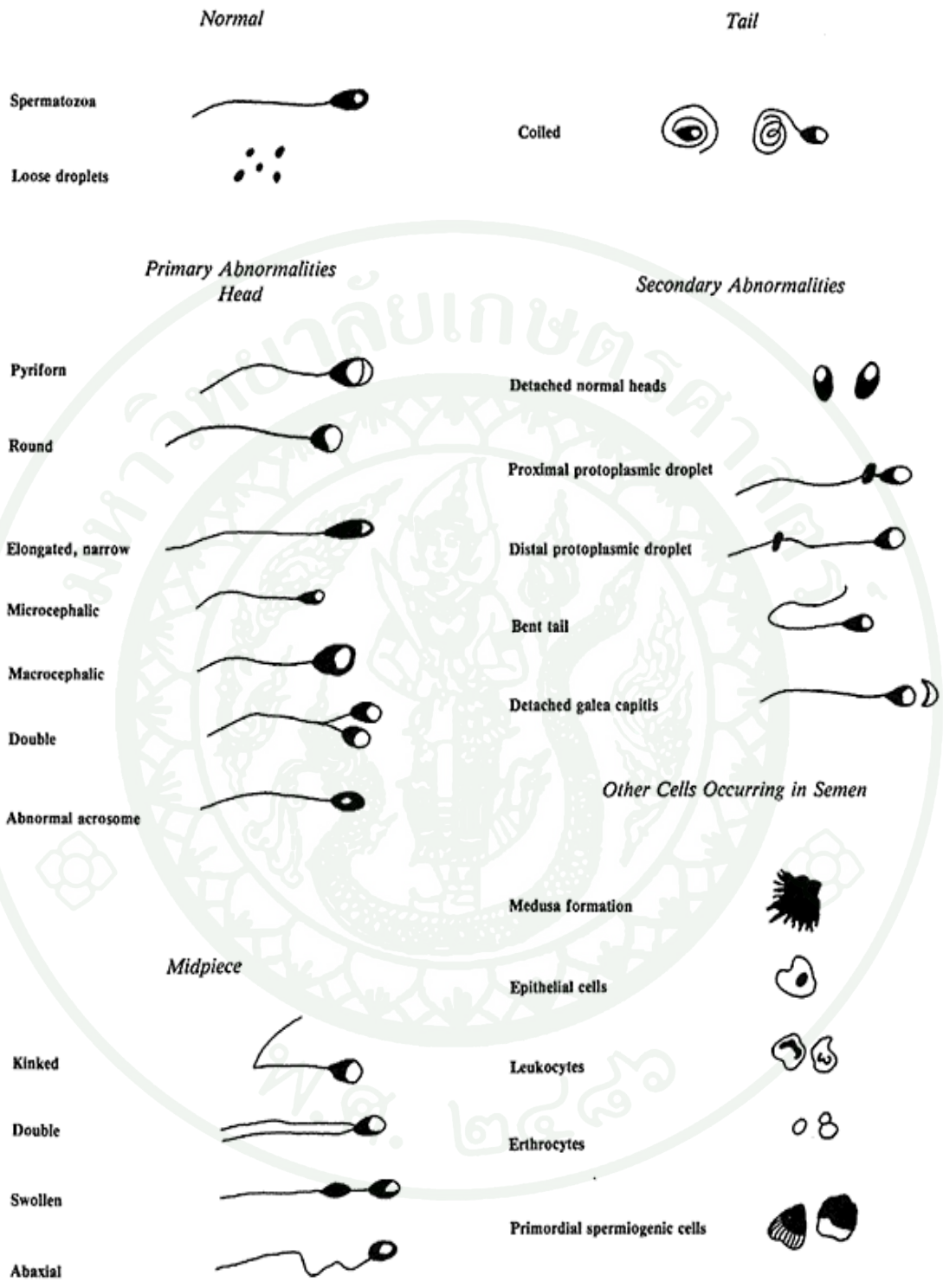
จำนวนอสุจิที่มีชีวิตมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการผสมติด โดยค่าที่ได้จะนำไปคำนวณร่วมกับความเข้มข้นของน้ำเชื้อเพื่อเจือจางน้ำเชื้อ สัดส่วนของอสุจิที่มีชีวิตและอสุจิที่ตายในน้ำเชื้อที่รีดเก็บมาได้แต่ละครั้ง เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำเชื้อ การประเมินอัตราการมีชีวิตของอสุจิสามารถประเมินได้โดยการย้อมสีเช่นเดียวกับการศึกษาลักษณะของรูปร่างของอสุจิ และตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400-1,000 เท่า โดยสีที่นิยมใช้คือ สี eosin-nigrosin (Liang *et al.,* 1988) เซลล์อสุจิที่มีชีวิตจะไม่ติดสี ส่วนเซลล์อสุจิที่ตายจะติดสีแดงหรือสีชมพูของสี eosin เพราะผนังเซลล์ถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพทำให้สีซึมผ่านได้ และมีสีของ nigrosin เป็นพื้น (Hafez, 1993) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการมีชีวิตของตัวอสุจิ เช่น ฤดูกาลที่ต่างกันมีผลต่อจำนวนตัวอสุจิมีชีวิต โดยพบว่าในเดือนมกราคมน้ำเชื้อมีเปอร์เซ็นต์อสุจิมีชีวิตสูงที่สุดและลดลงต่ำสุดในเดือนสิงหาคม (Kennedy and Wilkins, 1984) และนอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนอสุจิมีชีวิตเพิ่มขึ้นตามอายุสุกร ($P<0.05$) (Kennedy and Wilkins, 1984; Greenberg and Mahone, 1981)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ความเข้มข้นของน้ำเชื้อ

ความเข้มข้นของน้ำเชื้อของพ่อสุกรพันธุ์นั้นมีความแตกต่างกัน โดยจำนวนอสุจิต่อการหลั่งแต่ละครั้งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อายุ ขนาดของอัณฑะ สุขภาพร่างกาย อาหาร ความถี่ในการรีดน้ำเชื้อ และวิธีในการรีดเก็บน้ำเชื้อ (Laing *et al.,* 1988) Swiersta and Dyck (1976) รายงานว่า การรีดน้ำเชื้อสุกรทุกวัน น้ำเชื้อจะมีความเข้มข้นน้อยกว่าการรีดทุก 3 วัน (99 และ 221 ($\times 10^6$) ตัวต่อมิลลิลิตร) ($P<0.01$) และยังพบว่าจำนวนอสุจิยังน้อยกว่าด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 11.2×10^6 และ 32.1×10^6 ตัว ตามลำดับ ($P<0.01$) ในฤดูร้อนน้ำเชื้อสุกรจะมีความเข้มข้นน้อยกว่าในฤดูฝนและฤดูหนาว ($P<0.001$) โดยความเข้มข้นมีค่าเท่ากับ 174.4, 266.8 และ 241.4×10^6 ตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การคำนวณหาความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อคิดเป็นจำนวนอสุจิต่อมิลลิลิตร การหาความเข้มข้นของอสุจิในน้ำเชื้อมีความจำเป็นต่อการนำไปคำนวณเพื่อเจือจางน้ำเชื้อ สำหรับคิดเป็นจำนวนปริมาตรของน้ำเชื้อ (dose) ต่อการหลั่งแต่ละครั้ง (Rozeboom, 2000) ปริมาตรของน้ำเชื้อกับความเข้มข้นของเซลล์อสุจิ มีความสัมพันธ์กันในทางตรงข้าม กล่าวคือ ถ้าน้ำเชื้อมีปริมาตรมาก ความเข้มข้นของเซลล์อสุจิต่อมิลลิลิตรจะต่ำ แต่ถ้าปริมาตรน้อย ความเข้มข้นของเซลล์อสุจิต่อมิลลิลิตรจะสูง (ศรีสุวรรณ, 2542 และ McIntosh, 1998) น้ำเชื้อที่มีความเข้มข้นต่ำจะสามารถเจือจางได้น้อย (Buhr, 1994) โดยทั่วไปน้ำเชื้อสุกรมีความเข้มข้นประมาณ 200-300 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร (Hafez, 1974) McIntosh (1998) รายงานว่า ความเข้มข้นของน้ำเชื้อจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 100-500 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร โดยอสุจิรูปร่างปกติมีประมาณ 60-80 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่า ฤดูกาลก็มีผลต่อการผลิตตัวอสุจิเช่นกัน โดยพบว่าสุกรสามารถผลิตอสุจิได้สูงสุดในฤดูหนาวและผลิตได้ต่ำสุดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน (Trudeau and Sanford, 1986)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 ลักษณะอสุจิที่ผิดปกติ

ที่มา: Singleton (1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Chitooligosaccharide)

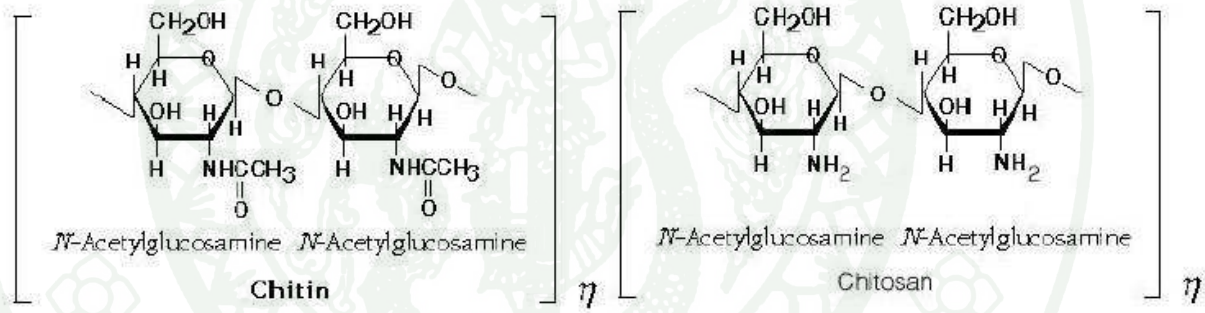
ไคติน-ไคโตซาน (chitosan)

ไคตินค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1811 โดย Braconnot Odier ในปีค.ศ. 1823 เรียกสารนี้ว่า ไคติน (chitin) มาจากคำว่า chiton ในภาษากรีก มีความหมายว่า เกราะหุ้มไคตินเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส พบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แกนหมึก เปลือกแข็งของ แมลง ตัวไหม หอยมุก ผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด แหล่งสำคัญของไคตินที่ใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรม คือ เปลือกกุ้ง และกระดองปู ซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล พบว่าจะมีไคตินในปริมาณร้อยละ 10-50 เมื่อคิดเป็นปริมาณต่อปีของสิ่งเหลือทิ้งจากการผลิตและแปรรูปกุ้งและปูทั้งโลกจะให้ไคตินถึง 150 ล้านกิโลกรัม (ปิยนุช, 2551)

ไคติน-ไคโตซานเป็นสารโคโพลิเมอร์ธรรมชาติระหว่างสองโมโนเมอร์ของ anhydro-N-acetyl-D-glucosamine และ anhydro-D-glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่า จะแสดงลักษณะสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่าจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน ซึ่งลักษณะโคโพลิเมอร์นี้จะมีผลต่อเนื่องไปยังสมบัติการละลายของไคติน-ไคโตซาน จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจน (ในรูปของหมู่อะซิโตมิโด $–NHCOCH_3$) เกาะอยู่ภายในโมเลกุลที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 ทำให้มีสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นๆ หลายชนิด ไคตินมีสูตรทางเคมีของโมโนเมอร์คือ $C_8H_{13}NO_5$ ประกอบด้วย C 47.29% H 6.45% N 6.89% และ O 39.37% พบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู หมึก แมลง ตัวไหม หอยมุก และผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์อีกหลายชนิด ไคตินในธรรมชาติเป็นของแข็งอันยรูปสีขาวครีม มีกลิ่นอ่อนๆ เฉพาะตัว มีลักษณะเป็นฝอยเส้นใยเมื่อส่องจากกล้องจุลทรรศน์ ไม่มีรสชาติ ทนความร้อนได้ถึง 170 องศาเซลเซียสโดยไม่เสื่อมคุณภาพ ในทางปฏิบัติไคตินละลายได้ในกรดอนินทรีย์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน และกรดฟอสฟอริก กรดฟอร์มิกที่ปราศจากน้ำ แต่ไม่ละลายในน้ำด่างเจือจาง แอลกอฮอลล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ จึงนิยมใช้ไคตินในรูปของแข็งโดยตรง ส่วนไคโตซานเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะหมู่ฟังก์ชั่นที่มีธาตุไนโตรเจน (ในรูปของหมู่อะซิตามิโด $–NHCOCH_3$ เปลี่ยนไปเป็นรูปของหมู่อะมิโน $–NH_2$) ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 สมบัติทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กายภาพและทางเคมีของไคโตซานเป็นโพลิเมอร์สายยาวที่มีประจุบวกเนื่องจากมีหมู่อะมิโน (ในรูป NH_3^+) ปกติไคโตซานละลายได้ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพานิก กรดแลคติค เป็นต้น pK_a ของไคโตซาน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุของโพลิเมอร์ ขอบเขตของความสะเทินของประจุและค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (%DD) ที่มีเศษส่วนโมลเดียวกันกับคู่กรดที่ถูกสะเทิน pK_a ของไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 6.2 ถึง 6.8 สารละลายของไคโตซานเป็นของเหลวใส มีความข้นหนืดสูง คล้ายน้ำผึ้ง มีพฤติกรรมแบบนอน นิวโตเนียน (non-newtonian) สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบางได้ตามธรรมชาติ มีลักษณะของพลาสติกใสและยืดหยุ่นได้ ดังนั้นไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น แผ่นเยื่อบาง เจล เม็ด เส้นใย คอลลลอยด์ และสารเคลือบในกิจกรรมทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงมีความปลอดภัยในการเอาไคติน-ไคโตซานมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น การเกษตร อาหาร การจัดการ คุณภาพน้ำ การทอ การแยกสาร การแพทย์ ยา และเครื่องสำอาง ฯลฯ (ปิยะบุตร, 2543)



ภาพที่ 4 โครงสร้างของ ไคติน-ไคโตซาน

ที่มา: บุญล้อม (2546)

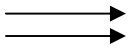
การจัดการเรียงตัวของสายไคโตซาน

มีการจัดแบ่งตามการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุล แบ่งออกเป็น 3 ชั้น

1. α – form ⇄

- คือ มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน (anti-parallel chain alignment) มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง กระดองปู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. β - form 

- คือ มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะทางเดียวกัน (parallel chain alignment) การจับกันจึงไม่ค่อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

3. γ - form

- คือ มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สวนทางกันสลับทิศทางเดียวกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

ไคตินในธรรมชาติอยู่รวมกับโปรตีนและเกลือแร่ ต้องนำมากำจัดเกลือแร่ออก(demineralization) โดยใช้กรดจะได้แผ่นเหนียวหนืดคล้ายพลาสติก แล้วนำไปกำจัดโปรตีนออก (deproteinization) โดยใช้ด่างจะได้ไคติน หากเป็นไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งหรือปู จะมีสีส้มปนอยู่ นำไปแช่ในเอทานอลเพื่อละลายสีออก

รูปแบบของไคโตซาน ที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายในขณะนี้มี 4 รูปแบบ ได้แก่

1. ไคโตซานที่เป็นเกล็ดหรือแผ่นบางเล็กๆ (flake)

2. ไคโตซานที่เป็นผงละเอียดคล้ายแป้ง (micromilled powder)

3. ไคโตซานในรูปแบบสารละลายเป็นของเหลวหนืด (solutions) ซึ่งความเข้มข้นอาจจะแตกต่างกันไปตาม ความต้องการของผู้สั่งซื้อ

4. ไคโตซานที่อยู่ในรูปเม็ดเล็กขนาดประมาณ 300-500 ไมโครเมตร ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่อยู่ในรูป flake, powder, bead นั้นหากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจะต้องมีความชื้นต่ำมากคือไม่เกิน 5-10 เปอร์เซ็นต์ หากความชื้นสูงกว่านี้ก็อาจจะทำให้เกิดเชื้อราหรือมีสิ่งปนเปื้อนอื่นๆเข้าไปปะปนอยู่ทำให้คุณภาพด้อยลง หรืออาจจะเกิดความเป็นพิษ เนื่องจากเชื้อรา เชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบคทีเรียหรือสิ่งปนเปื้อนนั้นๆผลิตสารพิษออกมา ความเป็นไปได้ที่จะเกิดการปนเปื้อนของสิ่งไม่พึงประสงค์ในไคโตซานนั้น เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาสกัดนั่นเอง

การใช้ไคติน-ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญเนื่องจากเนื้อสุกรเป็นที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป และให้ผลตอบแทนสูงกับผู้ผลิต ดังนั้นการเลี้ยงสุกรเชิงธุรกิจ จึงจำเป็นต้องอาศัยหลักวิชาการที่ถูกต้อง ระบบการจัดการฟาร์มที่ดีและเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม อาหารเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยงสุกรให้ประสบผลสำเร็จ เพราะเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการเลี้ยงสุกรทั้งหมด ปัจจุบันมีการใช้อาหารสำเร็จรูป ทั้งชนิดผงและชนิดเม็ด เนื่องจากมีความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ หรือการใช้หัวอาหารนำ ไปผสมตามอัตราส่วนที่เหมาะสม ช่วยให้สุกรได้รับสารอาหารในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ซึ่งในอาหารสำเร็จรูปจะมีปริมาณสารอาหารในระดับที่เหมาะสมให้เลือก รวมทั้งสารผสมล่วงหน้า (premix) ที่เป็นวิตามิน แร่ธาตุ สารเร่งการเจริญเติบโต ยาปฏิชีวนะและสารเสริมพิเศษอื่น ๆ ที่จะทำให้สุกรมีการเจริญเติบโตที่ดี ปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น การเกิดโรคและอัตราการตายลดต่ำลง ซึ่งจะช่วยให้ได้รับผลผลิตสูงสุด สารเร่งการเจริญเติบโต (growth promoter) เป็นกลุ่มที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในการเลี้ยงสุกร เช่น สารเสริมปฏิชีวนะ เอนไซม์ กรดอินทรีย์ สมุนไพร และยาปฏิชีวนะ ฯลฯ

ไคติน-ไคโตซาน จัดเป็นสารโคพอลิเมอร์ธรรมชาติ กลุ่มคาร์โบไฮเดรทที่ประกอบด้วยอนุพันธุ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปของหมู่อะซีโตมิโด (-NHCOCH3) เกาะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการทำ ปฏิกิริยากับสารอื่นๆ หลายชนิด โดยปกติไคโตซานจะละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ มีคุณสมบัติเป็นโพลิเมอร์ประจุบวก มีความเหนียว ใส สารละลายไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (biodegradable) ในด้านผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ไคโตซานเป็นสารเส้นใยที่ไม่ถูกดูดซึมและไม่ย่อยสลายในระบบทางเดินอาหาร แต่มีคุณสมบัติในการดูดซับไขมัน และจับตัวกับโลหะหนักรวมทั้งสารพิษอื่นๆ ที่ปนเปื้อนมากับอาหารและยา เสมือนเป็นตัวช่วยในการล้างสารพิษตกค้าง (detoxification) ลดการสะสมพลังงานส่วนเกินและช่วยให้ระบบหมุนเวียนเลือดและหัวใจดีขึ้น มีฤทธิ์ต้านเชื้อราและเชื้อโรคบางชนิด เสริมสร้างระบบลำไส้และระบบขับถ่าย โดยไคโตซานซึ่งเป็นประจุบวกจะละลายในกระเพาะอาหารแล้วแปรสภาพเป็นเจลหุ้มไขมันที่เป็นประจุลบป้องกันการดูดซึมไขมันไปสะสม จากนั้นไขมันที่ดูดซับไว้จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การนำไคโตซานมาใช้ในการเลี้ยงสุกร เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของสุกรและเร่งการสร้างเนื้อแดง รวมทั้งควบคุมปริมาณไขมันสะสมได้ เนื่องจากในกระเพาะอาหารของสุกรมีสภาพเป็นกรด (pH ~ 2-3) เหมาะกับการทำงานของไคโตซาน ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ช่วยให้การย่อยโปรตีนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกรขุน โดยการเติมไคโตซานลงในอาหารด้วยอัตราส่วน 1.5 - 2 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน และมีการเสริมยาปฏิชีวนะ amoxycillin (AMOXY) และchlortetracycline 15% (CTC15%) โดยลดลงเหลือปริมาณครึ่งหนึ่งของอัตราปกติที่เคยให้ คือ AMOXYจาก 300 ppm เป็น 100 ppm และ CTC15% จาก 2 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน เหลือ 1 กิโลกรัม ต่ออาหาร 1 ตัน ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ผลการเสริมไคโตซานในอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร พบว่าสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีขึ้น สภาพซากมีมันลดลง ทั้งมันในช่องท้องและมันสันหลังบางลง วัดค่าได้ความหนาเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร

หลังการเสริมไคโตซานในอาหารให้สุกรประมาณ 7-10 วัน สามารถสังเกตเห็นได้ว่าสุกรมีสุขภาพดี ผิวหนังสดใส ขนเป็นมันเงา ดูสุขภาพดี ระบบขับถ่ายเป็นปกติ อัตรากาเจริญเติบโตสม่ำเสมอ เมื่อมีอาการเจ็บป่วย ติดเชื้อ พบว่าสามารถฟื้นตัวจากอาการป่วยได้เร็วกว่าสุกรที่ไม่ได้รับไคโตซานเลย รวมทั้งสามารถเจริญเติบโตได้ทันกับตัวอื่น ๆ

การใช้ไคโตซานในสุกรที่ระดับ 1.5 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน สามารถลดการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้พอสมควร และการใช้ที่ระดับ 2 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 ตัน ยิ่งสามารถลดปริมาณยาปฏิชีวนะลงได้มาก แสดงให้เห็นว่าไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ที่ช่วยให้สุกรโตเร็ว ไม่ต้องใช้ยาปฏิชีวนะในระดับสูง จึงทำให้สุกรมีโอกาสปลอดสารพิษได้มาก ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้สุกรมีสุขภาพดีและแข็งแรง

การเสริมไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกร สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อให้ดีขึ้น คุณภาพซากดีขึ้น สุกรโตเร็วได้น้ำหนักดี ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารและปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้มาก ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนคุ้มค่า โดยไม่ต้องเสี่ยงกับสารพิษตกค้าง ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (ปิยะบุตร, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลของการได้รับไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร

กลุ่มทดลอง	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6	กลุ่มที่ 7	กลุ่มที่ 8
ใช้ไคโตซาน (กก./ตัน)	0	2	0	1.5	0	2	1.5	2
Amoxycillin (ppm.)	300	200	300	200	100	300	200	100
Chlortetracycline 15% (กก/ตัน)	2	1.5	2	1.5	1	2	1.5	1
น้ำหนักเริ่มต้น (ก.ก.)	2,223	2,128	1,962	1,812	2,029	820	794	1,109
น้ำหนักสิ้นสุด (ก.ก.)	2,807	2,695	2,844	2,603	2,974	1,456	1,460	1,837
จำนวนตัว (ตัว)	30	27	34	29	29	29	30	34
น้ำหนักอาหารรวม (ก.ก.)	1,750	1,555	1,940	1,721	1,749	1,425	1,465	1,450
น้ำหนักอาหารต่อตัว (ก.ก./ตัว)	58.33	57.59	57.06	59.34	60.31	49.14	48.83	42.65
น้ำหนักเพิ่ม (ก.ก./ตัว/วัน)	0.63	0.68	0.84	0.88	1.05	0.71	0.72	0.69
น้ำหนักอาหาร (ก.ก./ตัว/วัน)	1.88	1.86	1.84	1.91	1.95	1.59	1.58	1.38
FCR	2.98	2.74	2.19	2.17	1.86	2.24	2.19	2.00
Back Fat (ซ.ม.)	3	1.5	3	1.5	1.5	3	1.5	1.5

ที่มา : ปิยะบุตร (2543)

ไคโตซานป้องกันโรคทางเดินอาหาร

ไคโตซาน ช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยจะช่วยเสริมสร้างคุณภาพ ต่อต้านมะเร็ง ช่วยกำจัดและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออีโคไล ที่ปนเปื้อนในอาหารและน้ำ อันเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง อีกทั้งช่วยกำจัดสารพิษโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร มะเร็งลำไส้ และอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ไคโตซาน ยังช่วยเสริมสร้างวิตามินบีให้กับร่างกาย (Akira, 1988)

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Chitooligosaccharide)

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีลักษณะเป็นโคพอลิเมอร์ที่อยู่ร่วมกันบนสายโซ่ของโมเลกุล ระหว่างโมโนเมอร์ของไคติน (anhydro-N-acetyl-D-glucosamine) และโมโนเมอร์ของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์(anhydro-D-glucosamine) โดยโมโนเมอร์ของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์เรียกว่า กลูโค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซามีน มีสูตรทางเคมี คือ $C_6H_{11}NO_4$ เกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะหมู่ฟังก์ชั่นที่มีธาตุไนโตรเจน (สุวบุญ และคณะ, 2544)

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (chitooligosaccharide) เรียกย่อว่า COS เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตสำหรับสัตว์ (animal supplementary) โดยการสกัดสารไคโตซานให้เล็กลงในระดับนาโน โดยผ่านกระบวนการผลิตถึง 3 เทคโนโลยีอันประกอบด้วย ไคโตเทคโนโลยี (chito technology) นาโนเทคโนโลยี (nanotechnology) และไบโอเทคโนโลยี (biotechnology)โดยเอ็นไซม์จากธรรมชาติ จึงทำให้มีความบริสุทธิ์มากกว่าและมีขนาดที่เล็กกว่าไคโตซานทั่วไป 1,000 เท่า สัตว์จึงสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้เร็วและนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ 100% ไม่มีสารพิษเจือปน นำมาใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ และโครงสร้างร่างกาย ช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร และขับสารพิษออกจากร่างกายสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์เลี้ยงมีระบบการขับถ่ายที่ดี ส่งผลให้สัตว์เลี้ยงโตเร็ว แข็งแรง มีความต้านทานโรคสูง ไม่มีสารพิษเจือปน เหมาะสำหรับสัตว์น้ำ และสัตว์บกทุกชนิด

ยังมีข้อมูลน้อยมากเกี่ยวกับกลไกที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระของไคโตซาน แต่ Xie *et al*. (2010) เชื่อว่า อนุมูลอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนอิสระ $-NH_2$ ของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ แล้วฟอร์มตัวเป็น stable macromolecule radical และหมู่อะมิโน $-NH_2$ สามารถเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียม NH_3^+ โดยการดูดซับ ไฮโดรเจนอิออนจากสารละลาย

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อการเลี้ยงสัตว์

ธนกร (2553) ทำการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร ใช้พ่อสุกรพันธุ์ดูรอค จำนวน 15 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมไม่เสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 เสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ 200 ppm ต่อกิโลกรัมอาหารต่อวันและกลุ่มที่ 3 เสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ 200 ppm ต่อกิโลกรัมอาหารต่อวัน จากผลการทดลองพบว่า พ่อพันธุ์สุกรกลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ progressive movement, อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ยเป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายของตัวอสุจิสูงกว่าและมีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติในส่วนของหัวอสุจิ ต่ำกว่าพ่อพันธุ์สุกรในกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีเปอร์เซ็นต์ live sperm สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และพบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet ของพ่อพันธุ์สุกรทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

กษิดิ์เดช (2554) การเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในสารละลายน้ำเชื้อต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 น้ำเชื้อเจือจางด้วยสารละลายสูตร NSRTC 4 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 น้ำเชื้อเจือจางด้วยสารละลายสูตร NSRTC 4 + นิวเคลียร์-COS สูตร1 ในอัตราส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 น้ำเชื้อเจือจางด้วยสารละลายสูตร NSRTC 4 + นิวเคลียร์-COS สูตร2 ในอัตราส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ ทำการเจือจางน้ำเชื้อในแต่ละกลุ่มให้น้ำเชื้อที่เจือจางแล้วแต่ละกลุ่มมีความเข้มข้นของตัวอสุจิมีชีวิตเท่ากับ 3 x 10^9 ตัวต่อน้ำเชื้อ 80 มิลลิลิตร นำน้ำเชื้อมาตรวจคุณภาพที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10 วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำเชื้อที่เจือจางด้วยสารละลายในกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างและเปอร์เซ็นต์ progressive movement แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) กับน้ำเชื้อในกลุ่มที่เสริมนิวเคลียร์-COS สูตร 1 และกลุ่มที่เสริมนิวเคลียร์-COS สูตร 2 ส่วนค่าแรงดันออสโมติคและเปอร์เซ็นต์ curve line movement แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) น้ำเชื้อที่เจือจางด้วยสารละลายกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมนิวเคลียร์-COS สูตร 1 และ นิวเคลียร์-COS สูตร 2 ที่ทำการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1,3,5,7 และ 10 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงดันออสโมติคเปอร์เซ็นต์ motile sperm เปอร์เซ็นต์ live sperm เปอร์เซ็นต์ progressive movement ความเร็วในการว่ายแบบ VCL VSL VAP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ curve line movement แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

แร่ธาตุในร่างกายสัตว์

ร่างกายสัตว์มีแร่ธาตุต่างๆ อยู่ประมาณ 40 ชนิด ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต การสืบพันธุ์ เป็นส่วนประกอบของโครงร่างเช่น กระดูก ฟัน เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ รักษาความเป็นกรดด่างในร่างกาย เป็นต้น แร่ธาตุจึงเป็นโภชนะที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย แม้ว่าร่างกายจะต้องการในปริมาณเล็กน้อยก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ความต้องการแร่ธาตุของพ่อสุกร

Mineral elements	% or amount/kg of diet	amount/day
Calcium	0.75 %	15.0 g
Phosphorus, total	0.60 %	12.0 g
Phosphorus, available	0.35 %	7.0 g
Sodium	0.15 %	3.0 g
Chlorine	0.12 %	2.4 g
Magnesium	0.04 %	0.8 g
Potassium	0.20 %	4.0 g
Copper	5 mg	10 mg
Iodine	0.14 mg	0.28 mg
Iron	80 mg	160 mg
Manganese	20 mg	40 mg
Selenium	0.15 mg	0.3 mg
Zinc	50 mg	100 mg

ที่มา: NRC (1998)

แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แร่ธาตุหลัก (macro mineral) คือแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณสูงได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) คลอไรด์ (Cl) แมกนีเซียม (Mg) โพแตสเซียม (K) และ ซัลเฟอร์ (S)

2. แร่ธาตุรอง (micro mineral หรือ trace mineral) คือแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในระดับต่ำ เช่น โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ไอโอดีน (I) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนั่ม (Mo) ซีลีเนียม (Se) สังกะสี (Zn) เป็นต้น แร่ธาตุรองมีบทบาทที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายดังแสดงในตารางที่ 5 และเป็นโคแฟกเตอร์ (co-factor) ของเอนไซม์หลายชนิดในร่างกาย แร่ธาตุรองมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของสัตว์ (นวลจันทร์ และสินชัย, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 บทบาทของแร่ธาตุรองในระบบต่างๆในร่างกาย

บทบาทในร่างกาย	แร่ธาตุ
ระบบภูมิคุ้มกันโรค	Cr, Zn, Fe, Se, Cu
การสร้างพลังงาน	Mg, P, Mn
ระบบฮอร์โมน	Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, K
การสร้างวิตามิน	Co
การสร้างเลือด	Cu, Fe
ระบบเอนไซม์	Zn, Cu, K, Mn, Fe, Mg
ระบบสืบพันธุ์	P, Cu, K, Mn, Zn, Mg

ที่มา: Miller (1990)

แคลเซียม (Calcium)

แคลเซียมจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต โดยพบว่าแคลเซียมประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ส่วนที่เหลือเป็นส่วนประกอบของเลือด และเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) โดยเฉพาะในพลาสมามีประมาณ 10 มิลิกรัม/100มิลลิลิตร โดยปรากฏตัว 3 รูปแบบ คือ แบบอิออนอิสระ (Free Ca^{2+}) แบบรวมตัวกับโปรตีน และแบบรวมตัวอย่างซับซ้อนกับกรดอินทรีย์ (organic acid) เช่น กรดซิตริก (citric acid) หรือ กรดอนินทรีย์ (inorganic acid) เช่น กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) (Georgievskii *et al.*, 1981)

หน้าที่ของแคลเซียม

1. เป็นโครงสร้างที่สำคัญที่สุดของกระดูกและฟัน ซึ่งเป็นแหล่งเก็บแคลเซียมที่มีความสำคัญมากสำหรับควบคุมระดับแคลเซียมของร่างกาย (Marie, 1969)

2. ควบคุมการทำงานของประสาท และกล้ามเนื้อให้ทำงานเป็นไปตามปกติ เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจและความไวประสาท (Carafoli *et al.*, 1975)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในขบวนการแข็งตัวของเลือด โดย Ca^{2+} จะทำงานร่วมกับเอ็นไซม์ทรอมโบพลาสติน (thromboplastin) ซึ่งจะเปลี่ยนโปรทรอมบิน (prothrombin) เป็นทรอมบิน (thrombin) ทำให้เลือดแข็งตัว (Marie, 1969)

แมกนีเซียม (Magnesium)

แมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุประจุบวกที่มีมากเป็นอันดับสองในของเหลวภายในเซลล์รองจากโพแทสเซียม ในเซลล์แมกนีเซียมอิออนจะรวมอยู่กับโปรตีน และกรดนิวคลิอิก สำหรับความเข้มข้นปกติของแมกนีเซียมในพลาสมาอยู่ระหว่าง 18 ถึง 30 มิลลิกรัมต่อลิตร สัตว์ที่อายุมากมักขาดแคลนแมกนีเซียมมากกว่าสัตว์อายุน้อย เพราะว่าสัตว์ที่มีอายุมากขึ้น ความสามารถในการเคลื่อนย้ายแมกนีเซียมจากกระดูกมาใช้ได้ลดลง โดยทั่วไปสัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากแมกนีเซียมในเมล็ดธัญพืชได้ดีกว่าแมกนีเซียมที่อยู่ในพืชอาหารสัตว์ (Miller, 1990)

หน้าที่ของแมกนีเซียม

แมกนีเซียมมีบทบาทที่เป็นตัวกระตุ้นที่จำเพาะเจาะจงและเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายตัว โดยเฉพาะเอนไซม์ที่มี thiamine pyrophosphate เป็นโคแฟคเตอร์ ในไมโตรคอนเดรียแมกนีเซียมอิออนจะ กระตุ้นกระบวนการ oxidative phospholyration ซึ่งกระบวนการนี้ถ้าขาดแมกนีเซียมจะเกิดขึ้นไม่ได้ เอนไซม์ที่มีแมกนีเซียมเป็นโคแฟคเตอร์ เช่น myokinases, diphosphopyridine nucleotide kinase และ creatine kinase ที่ทำการส่งผ่าน phosphorus group ในระหว่างเกิดปฏิกิริยาทางเคมี แมกนีเซียมอิออนยังสามารถทำหน้าที่แทนแมงกานีสอิออนในการทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ในเกือบทุกปฏิกิริยา

แมกนีเซียมทำงานตรงข้ามกับแคลเซียมในกล้ามเนื้อ คือ แมกนีเซียมไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ myosine adenosine triphosphatase และกระตุ้นกระบวนการ hydrolysis ของ acetylcholine โดยผ่านทาง cholinesterase ผลที่เกิดขึ้นมีบทบาทที่สำคัญในการส่งผ่านกระแสประสาท และการบีบรัดตัวของกล้ามเนื้อ

ในกระบวนการสร้างกระดูก ต้องการแมกนีเซียมในจำนวนที่แน่นอน และแมกนีเซียมที่พบใน hydroxyapatite crystals ช่วยในการแข็งตัวของเนื้อเยื่อกระดูกและฟัน และที่พบใน calcite

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

cystals ช่วยให้เปลือกไข่แข็งแรง การยกระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในแม่ไก่สามารถควบคุมการเกิด calcification ของเปลือกไข่ในตับของไก่

โพแตสเซียม (Potassium)

โพแตสเซียม มีความสำคัญทั้งในพืชและในสัตว์ ส่วนมากในพืชมีปริมาณของโพแตสเซียมมากกว่าความต้องการของสัตว์ ซึ่งการมีโพแตสเซียมมากในอาหารสัตว์อาจนำไปสู่การแสดงอาการผิดปกติของการขาดแมกนีเซียมได้ในสัตว์กระเพาะรวม โพแตสเซียมมีการกระจายตัวอยู่ทั่วร่างกายและเป็นหนึ่งในแร่ธาตุที่มีปริมาณสูงในร่างกายคือมีโพแตสเซียมประมาณ 1.8 ถึง 2.0 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ความเข้มข้นของโพแตสเซียมในพลาสมาในระดับปกติอยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.22 กรัมต่อลิตร

หน้าที่ของโพแทสเซียม

โพแตสเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญของของเหลวภายในเซลล์ แต่มีน้อยในของเหลวนอกเซลล์ ซึ่งตรงกันข้ามกับโซเดียม ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความดันออสโมซิส สมดุลกรด ด่าง สมดุลน้ำ และควบคุมความสมดุลอิออนระหว่างโพแตสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (NRC, 1988)

การที่มีโพแตสเซียมสูงภายในเซลล์ ทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการส่งผ่าน phosphate group จาก ATP ไปยังกรดไพรูวิค (pyruvic acid) และอาจมีส่วนในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายๆ ตัวภายในเซลล์ โพแตสเซียมอิออนที่อยู่ในเซลล์ร่วมกับโซเดียมอิออนที่อยู่นอกเซลล์ ทำหน้าที่ร่วมกันในการทำให้เกิด resting potential และ active potential ในการบีบรัดตัวของกล้ามเนื้อ และการส่งผ่านของกระแสประสาท

โพแตสเซียมอิออนในเม็ดเลือดแดงมีความสำคัญในการรักษาความเป็นกรด ด่าง โดยเกี่ยวข้องกับการส่งผ่านออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านฮีโมโกลบิน (hemoglobin) โพแตสเซียมมีส่วนเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน mineral corticoids คือ aldosterone และ deoxycortico-sterone แต่ผลของฮอร์โมนเหล่านี้ต่อโพแตสเซียมถือว่าเป็นลำดับรอง (ฉลอง, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทองแดง (Copper)

ธาตุทองแดงเป็นธาตุประจุบวกวาเลนซี 2 และ 3 มีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง มีผลต่อการนำเหล็กไปเป็นโครงสร้างของฮีม (heme) และช่วยให้เม็ดเลือดแดงเจริญเต็มที่ ทองแดงยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างคอลลาเจน (collagen) อิลาสติน (elastin) และพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) (Pond *et al*., 1995) ทองแดงยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์อีกหลายตัว และมักปรากฏอยู่ในสารที่มีสี เช่น ทูราซิน (turacin) สีที่อยู่ตามขน ธาตุนี้มีอยู่ทุกเซลล์ในร่างกาย

หน้าที่ของทองแดง

เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ เอนไซม์หลายชนิดมีธาตุทองแดงเป็นองค์ประกอบ เอนไซม์ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ไลซิลออกซิเดส (lysyl oxidase) ไทโรซิเนส (tyrosinase) ไซโตโครม ซี ออกซิเดส (Cytochrome C oxidase) เฟอร์รอกซิเดส (ferroxidase) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase; SOD) โดพามีนเบต้าไฮดรอกซีเลส (dopamine ß hydroxylase)

ไลซิลออกซิเดส (lysyl oxidase) เป็นเอนไซม์ที่ดึงหมู่อะมิโนออกจากไลซีน และไฮดรอกซีไลซีน (hydroxylysine) ที่อยู่บนสายเปปไทด์ของคอลลาเจนและอิสาสตินที่สังเคราะห์ใหม่ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์คอลลาเจน และอิลาสติน ซึ่งพบได้ในผิวหนัง ฟัน ปอด กระดูก เป็นต้น

ไทโรซิเนส (tyrosinase) เป็นเอนไซม์ที่สังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน (melanin) ที่ผิวหนัง ขน ผม และตา โดยกระบวนการออกซิเดชันของไทโรซีน (thyrosine) ด้วยเอนไซม์ไทโรซิเนส ได้สารประกอบไดไฮดรอกซีฟีนิลอะลานิน (dihydroxyphenylalanine) หรือ โดปา (dopa) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของสารชนิดต่าง ๆ เช่น รงควัตถุในเส้นผมและผิวหนัง

ไซโตโครม ซี ออกซิเดส (Cytochrome C oxidase) ประกอบด้วยเหล็ก ฮีม และทองแดง ทำหน้าที่ช่วยในการออกซิไดซ์และรีดิวส์ของปฏิกิริยา เอนไซม์ไซโตโครม ซี ออกซิเดส ในกระบวนการสังเคราะห์ฟอสโฟลิพิด และการสร้างไมอิลิน (myelin) ซึ่งเป็นฉนวนหุ้มป้องกันเซลล์ประสาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฟอร์รอกซิเดส (ferroxidase) เป็นเอนไซม์ที่ออกซิไดซ์ Fe^{2+} (ferrous) เป็น Fe^{3+} (ferric) เกิดขึ้นในกระแสเลือด หลังจากที่เหล็กถูกดูดซึมในลำไส้ออกสู่กระแสเลือด Fe^{3+} จับกับโปรตีนเป็นรูปที่ขนส่งในกระแสเลือดรวมทั้งรูปที่สะสมในร่างกาย นอกจากเอนไซม์เฟอร์รอกซิเดสแล้ว โปรตีนเซรูโลพลาสมิน ที่มีทองแดงในโมเลกุลทำหน้าที่ออกซิไดซ์เหล็ก Fe^{2+} เป็น Fe^{3+} เช่นกัน ภาวะขาดทองแดงจะทำให้การใช้เหล็กในร่างกายบกพร่อง เกิดโลหิตจางเหมือนการขาดเหล็ก

ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase; SOD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบในไซโตพลาสซึมของเซลล์โดยมีสังกะสี 2 อะตอม และทองแดง 2 อะตอมเป็นองค์ประกอบ มีหน้าที่ในการเปลี่ยนอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ ($2O_2^-$) ไปเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และออกซิเจน (ภาพที่ 5)

$$2O_2^- + 2H^+ \xrightarrow{\text{superoxide dismutase}} H_2O_2 + O_2$$

ภาพที่ 5 ปฏิกิริยาการกำจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์โดยเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซม์ ดิสมิวเตส

ที่มา: Hill and Spears (2000)

โดพามีนเบต้าไฮดรอกซีเลส (dopamine ß hydroxylase) มีหน้าที่สังเคราะห์สารสื่อประสาทในระบบประสาทอัตโนมัติ (sympathetic neurotransmitters) นั่นก็คือนอร์อิพิเนฟริน(norepinephrin) และอิพิเนฟริน (epinephrin) ซึ่งพบในต่อมหมวกไต (adrenal gland) และสมองในส่วนนูเมอร์รัส (numerous) (Hill and Spears, 2000)

เหล็ก (Iron)

ธาตุเหล็กเป็นธาตุประจุบวกวาเลนซี 2 และ 3 (ferrous, Fe^{2+} และ ferric, Fe^{3+}) เหล็กในร่างกายมีทั้ง Fe^{2+} และ Fe^{3+} โดย 60-70 เปอร์เซ็นต์ของเหล็กในร่างกายอยู่ในรูปฮีโมโกลบินพบในไมโอโกลบิน (myoglobin) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อ 20 เปอร์เซ็นต์ เหล็กสะสมอยู่ในตับ ม้าม และกล้ามเนื้ออื่น ๆ ซึ่งเหล็กมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับว่าพบในส่วนใด ในรกเรียก ยูเทอโรเฟอร์ริน (uteroferrin) ในนมเรียก แลคโตเฟอริน (lactoferrin) และในตับเรียก เฟอร์ริติน (ferritin) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน้าที่ของเหล็ก

ธาตุเหล็กมีความสำคัญในเมแทบอลิซึมของสิ่งมีชีวิต เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ในการสังเคราะห์สารที่สำคัญในร่างกาย

ขนส่งออกซิเจนจากเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายโดยฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงจะจับกับออกซิเจนได้ด้วย Fe^{2+} ในฮีม ฮีโมโกลบินประกอบด้วยฮีม 4 หมู่ สามารถขนส่งออกซิเจนได้ 4 อะตอม จึงนำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อใช้สร้างพลังงาน (ATP) ในระบบลูกโซ่การหายใจ ฮีมจึงเป็นส่วนสำคัญในการขนส่งออกซิเจนในเม็ดเลือดแดง

ขนส่งออกซิเจนภายในเซลล์กล้ามเนื้อในลักษณะเดียวกับเม็ดเลือดแดง กล้ามเนื้อจะมีไมโอโกลบิน ซึ่งประกอบด้วยธาตุเหล็กในฮีม เพื่อจับออกซิเจนไว้ใช้ในกระบวนการสร้างพลังงาน

เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ในวัฏจักรเครบ และระบบลูกโซ่การหายใจ เหล็กที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์มีทั้งอยู่ในรูปฮีม (Fe^{2+}) เช่น ไซโตโครมออกซิเดส ทุกชนิด และไม่ใช่ฮีม (Fe^{3+}) เช่น อะโคนิเตส (acronitase) ซัคซิเนทดีไฮโดรจีเนส (succinate dehydrogenase) เอนเอดีเอชดีไฮโดรจีเนส (NADH dehydrogenase) นอกจากนั้นฮีมยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ไมอีโลเปอร์ออกซิเดส (myeloperoxidase) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) กับคลอไรด์ไอออน (Cl) ให้เป็นสารเปอร์ออกไซด์ (HOCl) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรงและมีความเป็นพิษสูง ใช้ในการทำลายแบคทีเรียที่เข้ามาในร่างกาย

เหล็กเป็นส่วนประกอบเอนไซม์ไรโบนิวคลีโอไทด์รีดักเตส (ribonucleotide reductase) ซึ่งใช้ในการสังเคราะห์ดีเอนเอ สำหรับการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ เมื่อร่างกายมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด บีลิมโฟไซด์ (B-lymphocyte) หรือ ทีลิมโฟไซด์ (T-lymphocyte) จะแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกัน ถ้าขาดเหล็กจะทำให้การเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวบกพร่อง มีผลให้ภูมิคุ้มกันบกพร่องด้วย (อรุณี, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และความสมบูรณ์พันธ์ของสุกร ปริมาณแมงกานีสที่พบในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์มีระดับค่อนข้างต่ำ ยกเว้น ในส่วนของตับ ไต ตับอ่อน และต่อมใต้สมอง ธาตุนี้พบมากในพืชอาหารสัตว์ แต่จะพบได้ปริมาณน้อยในเมล็ดธัญพืช และร่างกายสามารถสะสมธาตุแมงกานีสได้ในปริมาณจำกัด

หน้าที่ของแมงกานีส

แมงกานีสเกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของเอนไซม์จำนวนมากภายในร่างกายเช่น hydrolase kinase decardroxylase และ transferase โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไกลโคซิลทรานเฟอร์เรส (glycosyltransferase) ซึ่งทำหน้าที่ย้ายหมู่น้ำตาลจากสารตั้งต้น (substrate) ไปยังตัวรับเช่น การสังเคราะห์กลูโคสให้เป็นโพลีแซคคาไรด์ ถูกควบคุมโดยเอนไซม์ไกลโคซิลทรานเฟอร์เรสแบบเฉพาะเจาะจง

จำเป็นต่อการสังเคราะห์กลูโคซามิโนไกลแคน (glucosaminoglycans) ซึ่งเป็นสารมิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharides) ที่สำคัญในเอ็นและกระดูกอ่อน และแมงกานีสมีความสำคัญในการทำหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางและต่อมไทรอยด์ รวมถึงการสร้างกระดูกและกระดูกอ่อน (อรุณี, 2547)

สังกะสี (Zinc)

สังกะสีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์มากกว่า 100 ชนิด มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การทำงานของระบบสืบพันธุ์ เมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในร่างกายเช่น เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์คาร์บอกซีเปปติเดส (carboxypeptidase) ซึ่งมีหน้าที่ในการย่อยโปรตีน เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์คาร์บอนิก แอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) และเป็นโคแฟกเตอร์ในกระบวนการไกลโคไลซีส (glycolysis) และ tricarboxylic acid cycle เพื่อให้ได้ ATP ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย สังกะสีเป็นส่วนประกอบของอินซูลิน (insulin) มีบทบาทในการควบคุมระดับการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรทของร่างกาย และสังกะสีมีความจำเป็นต่อการสร้างขนผิวหนังและกีบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน้าที่ของสังกะสี

สังกะสีมีบทบาทมากมายในร่างกายทั้งในด้านระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และการป้องกันอนุมูลอิสระ การได้รับสังกะสีในปริมาณสูงเป็นเวลานาน ๆ ก่อให้เกิดความผิดปกติในระบบภูมิคุ้มกันและความผิดปกติของไขมันในร่างกาย แร่ธาตุสังกะสีมีความสำคัญต่อการดูดซึมและการปฏิบัติหน้าที่ของวิตามินโดยเฉพาะวิตามินบีรวม แร่ธาตุสังกะสีเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยไม่น้อยกว่า 25 ชนิด ซึ่งช่วยในการย่อย และการเผาผลาญโดยเฉพาะการย่อยคาร์โบไฮเดรต การเผาผลาญฟอสฟอรัส การทำงานของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย

เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน เอนไซม์หลายชนิดมีสังกะสีเป็นส่วนประกอบที่รู้จักกันดี คือ เอนไซม์คาร์โบนิค แอนไฮเดรส ซึ่งพบมากในเม็ดเลือดแดงมีบทบาทในการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์

H^+ ที่ปล่อยจากกรดคาร์โบนิคจะไปรีดิวซ์ออกซี่ฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) ให้ปล่อยออกซิเจนให้เนื้อเยื่อส่วนไบคาร์โบเนต (HCO_3^-) จะผ่านออกไปยังพลาสม่าและเข้ามามีส่วนร่วมในปฏิกิริยาการปรับสมดุลกรด-ด่าง (buffering reaction)

เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatase) ประกอบด้วยสังกะสี 4 อะตอม เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการไฮโดรไลซ์ (hydrolyse) โมโนเอสเทอร์ของฟอสเฟทจากสารประกอบชนิดต่าง ๆ และเกี่ยวข้องในเมแทบอลิซึมของกระดูก บางครั้งในเอนไซม์ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้สภาพของสังกะสีในร่างกาย เพราะการทำงานจะลดลงเมื่อขาดสังกะสี แต่การทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาวะการเปลี่ยนแปลงของสังกะสีในร่างกาย เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ เช่น การอดอาหาร อายุของสัตว์ เวลาที่เก็บซีรั่ม และชนิดของเนื้อเยื่อที่เก็บตัวอย่าง

เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งที่มีสังกะสีเป็นส่วนประกอบคือ เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิส มิวเตส ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนหน้าที่ของทองแดง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซีลีเนียม (Selenium)

ซีลีเนียมเป็นธาตุที่มีวาเลนซี 2^+, 6^+ และ 8^+ ซีลีเนียมในอาหารมีทั้งอยู่ในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์โดย Se^{2+} จับกับสายโปรตีนตรงตำแหน่งกรดอะมิโนซิสเตอีนและเมทไธโอนีนเรียก ซีลีโนซิสเตอีน (Selenocysteine; Sec) และซีลีโนเมทไธโอนีน (Seleno-methionine; Sem) ตามลำดับ ตามธรรมชาติซิลีเนียมมักจะพบมากในรูปของหญ้าและวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั่วไป Scott *et al*. (1971) รายงานว่าพบซีลีเนียมในเนื้อปลาทูน่าประมาณ 5.1-6.2 mg Se/kg DM ซีลีเนียมยังพบได้ในอาหารทะเลและเนื้อสัตว์ที่กินพืชหรือธัญพืชที่ปลูกในดินที่มีแร่ธาตุซีลีเนียมสูง

หน้าที่ของซีลีเนียม

ซีลีเนียมเป็นโภชนะที่จำเป็นสำหรับเมแทบอลิซึมต่างๆภายในเซลล์ โดยซีลีเนียมในรูปของซีลีโนซิสเตอีนจะเข้าไปตรงบริเวณออกฤทธิ์ (active site) ของโปรตีนชนิดต่างๆ ซีลีโนซิสเตอีนจะแตกตัวไปอยู่ในรูปของไอออนเกือบทั้งหมดและทำหน้าที่เป็นตัวเร่งที่มีประสิทธิภาพ สารประกอบซิลิโนโปรตีน (selenoprotein) มีมากกว่า 100 ชนิดในระบบต่างๆของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซิลีโนโปรตีนซึ่งมีหน้าที่สำคัญทางสรีระวิทยาคือ กลุ่มของเอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) 4 ชนิดหรือที่เรียกว่ากลุ่มของเอนไซม์ซิลิโนเปอร์ออกซิเดส (seleno-peroxidase) ประกอบด้วย

1. เอนไซม์ classical glutathione peroxidase พบอยู่ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ และทำหน้าที่ป้องกันการหืนโดยการรีดิวส์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และลิปิดเปอร์ออกไซด์

2. เอนไซม์ phospholipid-hydroperoxide glutathione peroxidase ของเยื่อบุผิวเซลล์ เอนไซม์ชนิดนี้ทำหน้าที่รีดิวส์โครงสร้างของลิปิดเปอร์ออกไซด์

3. เอนไซม์ glutathione peroxidase ที่อยู่นอกเซลล์ กลุ่มนี้เป็นซีลีโนโปรตีนอีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการต่อต้านปฏิกิริยาการหืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กลุ่มของเอนไซม์ thiones ชนิดอื่นๆ เช่น thioredoxin ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน และช่วยปฏิกิริยาการต่อต้านการหืนของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ที่อยู่นอกเซลล์หรือภายในพลาสม่า ไธโอรีดอกซิน (thioredoxin) คือโปรตีนไดซัลไฟต์ (protein disulphide) ที่จำเป็นในการป้องกันการหืนและควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์ที่สำคัญได้แก่ ไธโอรีดอกซินรีดักเตส (thioredoxin reductase) เป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วยซีลีโนซิสเตอีน ซึ่งเร่งกระบวนการรีดักชั่นของ thioredoxin โดยอาศัย NADPH เป็นโคแฟกเตอร์ (Gladyshev *et al*., 1996; Sun *et al*., 1999)

โครเมียม (Chromium)

โครเมียมเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย พบกระจายอยู่ทั่วไปในร่างกายหน้าที่สำคัญของโครเมียมในร่างกาย คือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน และมีรายงานว่าโครเมียมมีส่วนในการเมแทบอลิซึมของไขมัน คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และกรดนิวคลีอิก รูปของโครเมียมที่ร่างกายต้องการ คือ รูปไตรวาเลนท์ (trivalent, Cr^{3+}) ซึ่งถูกดูดซึมได้น้อยกว่ารูปเฮกซาวาเลนท์ (hexavalent, Cr^{6+}) และพบว่ารูปเฮกซาวาเลนท์ละลายได้มากกว่าและมีพิษมากกว่ารูปไตรวาเลนท์ โดยปกติรูปเฮกซาวาเลนท์จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไตรวาเลนท์ในทางเดินอาหารสัตว์

หน้าที่ของโครเมียม

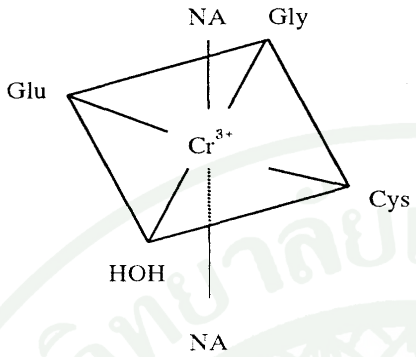
1. โครเมียมช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ เช่น กระตุ้นเอนไซม์ซัคซินิค-ไซโตโครม ซี ดีไฮโดรจีเนส (succinic-cytochome c dehydrogenase) ทำให้เซลล์มีการใช้ออกซิเจนในการผลิตพลังงานเพิ่มขึ้น และกระตุ้นเอนไซม์ฟอสโฟกลูโคมิวเทส (phospoglucomutase) เกี่ยวกับการใช้กลูโคสของเซลล์

2. เป็นส่วนประกอบของกลูโคสทอเลอเรนซ์แฟคเตอร์ (glucose tolerance factor, GTF) (ภาพที่ 6) ช่วยให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง โดยทำปฏิกิริยาร่วมกับฮอร์โมนอินซูลิน และมีผลทำให้ระดับโคเลสเตอร์รอลและไขมันไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง

3. โครเมียมมีส่วนในการเมแทบอลิซึมของไขมัน คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และกรดนิวคลีอิก (NRC, 1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. โครเมียมช่วยเพิ่มระดับภูมิต้านทานในลูกโคและโคนม (Mooney and Cromwell, 1995)



ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของสารกลูโคสทอเลอเรนซ์ แฟคเตอร์ (glucose tolerance factor, GTF) (NA=Nicotinic acid, Gly=Glycine, Cys=Cysteine และ Glu=Glutamic acid)

ที่มา: Steel *et al.* (1977)

โคบอลต์ (Cobalt)

โคบอลต์เป็นส่วนประกอบของวิตามิน B_{12} ไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่าสุกรมีความต้องการธาตุโคบอลต์ นอกจากนี้โคบอลต์ยังบทบาทสำคัญในวิตามิน B_{12} โคบอลต์สามารถถูกนำไปใช้แทนสังกะสีในเอนไซม์คาร์บอกซิเปปทิเดส (enzyme carboxypeptidase) และเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (enzyme alkaline phosphatase) Hoekstra (1970) ได้พบว่าการเสริมโคบอลต์นั้นป้องกันบาดแผลที่เกิดจากภาวะการขาดสังกะสี

สารอาหารโคบอลต์สามารถถูกใช้ประโยชน์โดย microflora ในลำไส้เล็กของสุกรเท่านั้น โดยที่ microflora จะสังเคราะห์วิตามิน B_{12} ได้บางส่วน การสังเคราะห์ในลำไส้เล็กถือว่ามีความสำคัญมากถ้าวิตามิน B_{12} มีอยู่จำกัด (Kline *et al.*, 1954) ในทางปฏิบัติควรมีการเสริมวิตามิน B_{12} เป็นประจำเพื่อลดการขาดวิตามิน B_{12}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แร่ธาตุคีเลท

แร่ธาตุคีเลท คือ แร่ธาตุรูปอินทรีย์ หมายถึง แร่ธาตุ (โลหะทรานซิชั่น) ที่จับกับสารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน หรือเปปไทด์ หรืออาจเรียกว่า organic chelate ซึ่งหมายถึงการจับกับสารอินทรีย์ มีโครงสร้างแบบวงแหวน ที่เกิดขึ้นโดยการจับกันระหว่างประจุบวกของแร่ธาตุ (cations) กับสารประกอบที่มีประจุลบสูงตั้งแต่ 2 ตำแหน่งด้วยพันธะโคออดิเนท คำว่า chelate มาจากคำว่า chele ในภาษากรีกที่หมายถึงก้ามปู (claw) เป็นคำอธิบายถึงลักษณะการจับกันของแร่ธาตุประจุบวกกับสารที่จับกับโลหะ (metal binding agents) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เรียกว่า ลิแกนด์ (ligand) หรืออาจอธิบายได้ว่า โลหะทรานซิชั่น หมายถึง อะตอมหรือไอออนที่มีอิเลคตรอนใน d- หรือ f- ออร์บิตอลไม่เต็มจึงแสดงเลขออกซิเดชั่นได้หลายค่า (ส่วนมากเป็น +2) และมีแนวโน้มที่จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complex หรือ coordinate compound) ได้ง่าย ส่วนลิแกนด์ หมายถึง อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เข้ามาสร้างพันธะกับโลหะทรานซิชั่น ในลิแกนด์มีอะตอมที่มีคู่อิเลคตรอนโดดเดี่ยวซึ่งสามารถสร้างพันธะโคออดิเนทโควาเลนท์กับไอออนโลหะได้ เรียกอะตอมนั้นว่า donor atom ลิแกนด์ที่มี donor atom 1 อะตอม ต่อ 1 กลุ่มลิแกนด์เรียกว่า monodentate ligands ส่วนลิแกนด์ที่มี donor atom มากกว่า 1 อะตอม ต่อ 1 กลุ่มลิแกนด์ โดยอะตอมเหล่านี้สามารถสร้างพันธะกับไอออนโลหะได้พร้อม ๆ กันเรียกว่า polydentate ligands ซึ่งจะทำให้เกิดสารเชิงซ้อนแบบเป็นวงหรือ cyclic ring ที่เรียกว่า คีเลท (chelates) (Scott *et al*., 1971)

คีเลทในระบบชีวภาพ

1. คีเลทที่ใช้ขนส่งและเก็บไอออนโลหะ คีเลทชนิดนี้ไม่มีหน้าที่เฉพาะของตัวเองไม่มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของลิแกนด์ แต่ต้องการลิแกนด์ที่มีคุณสมบัติที่สามารถจับเป็นคีเลททำให้สามารถดูดซึมข้ามผ่านเข้าไปในกระแสเลือดและส่งเข้าไปที่ตำแหน่งที่ต้องการได้ เช่น

1.1 กรดอะมิโนโดยเฉพาะซิสเตอิน (cysteine) และฮิสตีดีน (histidine) ที่จับกับไอออนโลหะได้เป็นอย่างดี มีความสำคัญในการขนส่งและเก็บแร่ธาตุในร่างกายสัตว์

1.2 Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) เป็นลิแกนด์สังเคราะห์ที่เพิ่มการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุและใช้ในทางการแพทย์เพื่อกำจัดพิษโลหะหนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. คีเลทที่มีความสำคัญในเมแทบอลิซึม ไอออนของโลหะหลายชนิดในร่างกายต้องอยู่ในโครงสร้างของคีเลทเพื่อให้สามารถทำหน้าที่ในเมแทบอลิซึมปกติได้ เช่น ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ไซโตโครม เอนไซม์ (cytocrome enzyme) และวิตามิน บี12

3. คีเลทที่ขัดขวางการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุ เช่น phytic acid chelate ที่สามารถจับกับแร่ธาตุประจุบวกได้หลายตัวทำให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Scott *et al*., 1982)

แร่ธาตุคีเลทที่มีการผลิตและใช้ในอุตสาหกรรม

แร่ธาตุอินทรีย์หรือคีเลทที่มีการผลิตหรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีหลายชนิด AAFCO (Association of American Feed Control Officials) (1997) ได้ให้คำจำกัดความแร่ธาตุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. Metal amino acid complex หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการรวมตัวกันเป็นสารประกอบ (complexing) ระหว่างเกลือโลหะที่ละลายได้ (soluble metal salt) กับกรดอะมิโนโดยมีอัตราส่วนของโมเลกุลโลหะต่อกรดอะมิโนเท่ากับ 1:1 และต้องระบุปริมาณต่ำสุดของโลหะที่ประกอบอยู่และระบุให้ชัดเจนว่าเป็นสารประกอบชนิดใด เช่น คอปเปอร์อะมิโนแอซิดคอมเพล็กซ์ (copper amino acid complex) ซิงค์อะมิโนแอซิดคอมเพล็กซ์ (zinc amino acid complex)

2. Metal amino acid chelate หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยา (reaction) ของไอออน (metal ion) จากเกลือโลหะที่ละลายได้กับกรดอะมิโน ในอัตราส่วนของโมเลกุลโลหะต่อกรดอะมิโนเท่ากับ 1:1-3 (ส่วนมากเป็น 1:2) สร้างพันธะโคออดิเนทโควาเลนท์ (coordinate covalent bonds) โดยกรดอะมิโนนั้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 150 ดาลตันและคีเลทที่เกิดขึ้นต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 800 ดาลตัน และต้องระบุปริมาณต่ำสุดของโลหะที่ประกอบอยู่และสามารถบอกได้ชัดเจนว่าเป็นคีเลทชนิดใด เช่น แมกนีเซียมอะมิโนแอซิดคีเลท (magnesium amino acid chelate) ซิงค์อะมิโนแอซิดคีเลท (zinc amino acid chelate)

3. Metal proteinate หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการจับกันแบบคีเลท (chelation) ของเกลือโลหะที่ละลายได้กับกรดอะมิโนหรือไฮโดรไลซ์โปรตีน (hydrolyzed protein) และจะต้องระบุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ประกอบที่จำเพาะของโลหะโปรตินเนทว่าเป็นชนิดใด เช่น คอปเปอร์โปรตินเนท สังกะสีโปรตินเนท แมกนีเซียมโปรตินเนท เป็นต้น

4. Metal polysaccharide complex หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการรวมตัวกันเป็นสารประกอบ (complexing) ของเกลือที่ละลายได้กับโพลี่แซคคาไรด์ (polysaccharide solution)

ความเสถียร (stability)

ความเสถียรของคีเลท หมายถึง ความหนาแน่นในการจับกันระหว่างไอออนกับลิแกนด์ถือว่ามีความสำคัญในการแสดงบทบาททางโภชนะของคีเลท ถ้าคีเลทนั้นมีความเสถียรมากเกินไปเช่น metal-EDTA ร่างกายก็ไม่สามารถย่อยคีเลทนั้นได้ ถ้าคีเลทมีความเสถียรต่ำเกินไป คีเลทนั้นก็จะแตกตัวในกระเพาะอาหารก่อนที่จะถึงลำไส้เล็ก ซึ่งกรณีนี้จะทำให้คีเลทนั้นไม่แตกต่างจากแร่ธาตุอนินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของคีเลทพอที่จะสรุปได้ดังนี้

1. ขนาดของวงแหวน ลิแกนด์ที่สร้างวงแหวน 6 เหลี่ยมจะทำให้เกิดคีเลทที่มีความเสถียรดีที่สุด ลิแกนด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ แอลฟ่า อะมิโน แอซิด เช่น ไกลซีน (glycine) สามารถสร้างคีเลทที่มีความเสถียรที่ดีได้ ส่วนกรดซิตริก (citric acid) กรดฟูมาริก (fumaric acid) และกรดกลูคานิก (glucanic acid) ไม่สามารถสร้างคีเลทที่มีโครงสร้างแบบวงแหวนที่มีความเสถียรที่ดีได้

2. จำนวนลิแกนด์ ถ้าลิแกนด์ที่เข้ามาจับกับโลหะตัวเดียวกันมีมากขึ้น คีเลทจะมีความเสถียรมากขึ้น

3. ความแข็งแรงของลิแกนด์ (strength) ถ้าลิแกนด์มีความแข็งแรงมากก็มีแนวโน้มที่จะสร้างคีเลทที่มีความเสถียรมาก

4. ขนาดและประจุของลิแกนด์ คีเลทที่สร้างจากลิแกนด์ที่มีขนาดเล็กและมีประจุสูงจะเป็นคีเลทที่มีความเสถียรสูง

5. ลิแกนด์ที่มีตำแหน่งในการสร้างพันธะหลายตำแหน่ง คือ มัลติเดนเตตลิแกนด์ (multidentate ligand) หมายถึงลิแกนด์ที่มีตำแหน่งในการสร้างพันธะกับโลหะมากกว่า 1 ตำแหน่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งมัลติเดนเตตลิแกนด์จะสร้างคีเลทที่มีความเสถียรดีกว่าโมโนเดนเตทลิแกนด์ กรดอะมิโนส่วนใหญ่เป็นลิแกนด์ที่มีตำแหน่งที่สร้างพันธะกับโลหะได้อย่างน้อย 2 ตำแหน่ง (Albion, 1994)

ในปัจจุบันนี้มีการใช้แร่ธาตุในรูปของอินทรีย์หรือคีเลทมากขึ้นในการผสมอาหารสัตว์ เนื่องจากกรดอะมิโน และเปบไทด์ จะมีสายพันธะที่แข็งแรงทนทานต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ทำให้โลหะเสถียรมากขึ้นป้องกันการแตกตัวเป็นไอออนอิสระแร่ธาตุจะถูกดูดซึมไปพร้อมกับกรดอะมิโน และเปปไทด์ (Ashmead, 1993)

ความแตกต่างของแร่ธาตุคีเลท และแร่ธาตุอนินทรีย์

แร่ธาตุในรูปคีเลทจะมีความเสถียรที่ช่วง pH กว้าง ทำให้คีเลททนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง pH ในทางเดินอาหารได้ดีไม่เกิดการแตกตัวก่อนถึงตำแหน่งที่มีการดูดซึม มีการละลายได้ดี ทำให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการดูดซึม มีประจุไฟฟ้าเป็นกลาง ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ในทางเดินอาหาร และกรดอะมิโนที่จับกับแร่ธาตุ เป็นตัวพาแร่ธาตุนั้นผ่านผนังเซลล์ลำไส้เข้าไปได้ (Vandergrift, 1994)

แร่ธาตุที่อยู่ในรูปเกลืออนินทรีย์เมื่อละลายแตกตัวให้แร่ธาตุอิออนบวก อิออนของแร่ธาตุโดยเฉพาะของแร่ธาตุปลีกย่อยในกลุ่มทรานซิชัน ซึ่งไม่ค่อยเสถียร มีพลังงานสูง และไวในการเข้าทำปฏิกิริยา จะทำปฏิกิริยากับสารอื่น เกิดเป็นเกลือหรือสารประกอบเชิงซ้อนชนิดใหม่ ซึ่งบางชนิดอาจทำให้แร่ธาตุถูกดูดซึมได้ง่าย และอีกบางชนิดอาจไม่ละลาย แร่ธาตุไม่ถูกดูดซึมจึงเป็นผลให้แร่ธาตุซึ่งอยู่ในเกลือที่ละลายไดถูกดูดซึม และเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ได้น้อยลง (สาโรช, 2547)

ปริมาณการดูดซึมแร่ธาตุในรูปคีเลท และในรูปอินทรีย์ ได้แก่ คาร์บอเนท (carbonate) ซัลเฟท (sulfate) และออกไซด์ (oxide) บริเวณลำไส้เล็กส่วนกลาง พบว่า แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก และสังกะสี ในรูปคีเลทมีปริมาณการดูดซึมสูงที่สุด (ตารางที่ 6) (Ashmead, 1993)

Ashmead (1979) รายงานว่ากลไกการดูดซึมแร่ธาตุเหล็กในระบบทางเดินอาหาร แร่ธาตุเหล็กในรูปคีเลทจะมีการดูดซึมบริเวณลำไส้ดีกว่าแร่ธาตุในรูปสารประกอบอนินทรีย์ โดยธาตุเหล็กในรูปคาร์บอเนท (carbonate) ใช้เวลาในการดูดซึมเป็น 3.6 เท่าของเหล็กในรูปคีเลท เหล็กในรูปซัลเฟท (sulfate) ใช้เวลาในการดูดซึมเป็น 3.8 เท่าของเหล็กในรูปคีเลท และเหล็กในรูปออกไซด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(oxide) ใช้เวลาในการดูดซึมเป็น 4.9 เท่าของเหล็กในรูปคีเลท และการเสริมธาตุเหล็กคีเลทในอาหารแม่สุกรเลี้ยงลูก ช่วยป้องกันการเกิดโลหิตจางในลูกสุกร เนื่องจากธาตุเหล็กในน้ำนมมีระดับเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ลูกสุกรมีระดับฮีโมโกลบินในพลาสมาเพิ่มสูงขึ้น การศึกษาการเสริมธาตุเหล็กคีเลทในอาหารแม่สุกรอุ้มท้องช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายของการอุ้มท้อง พบว่าแม่สุกรและลูกสุกรแรกคลอดมีปริมาณของฮีโมโกลบิน และฮีมาโตคริทในพลาสมาเพิ่มสูงขึ้น และลูกสุกรแรกคลอดมีการสะสมของเหล็กที่ตับเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 6 การดูดซึมแร่ธาตุอินทรีย์และอนินทรีย์บริเวณลำไส้เล็ก

	ปริมาณการดูดซึมแร่ธาตุบริเวณลำไส้เล็กส่วนกลาง (พีพีเอ็ม)			
	chelate	carbonates	sulfates	oxides
แมกนีเซียม	94	36	23	51
ทองแดง	35	8	11	6
เหล็ก	298	78	61	82
สังกะสี	191	84	66	87

ที่มา: Ashmead (1993)

การเสริมแร่ธาตุทองแดงในรูปอินทรีย์ (Cu-Lysine) ในอาหารสุกร พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุทองแดงในรูปอินทรีย์ดีกว่าสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุในรูปอนินทรีย์ (Cu sulfate) (Zhou *et al*., 1994)

การเสริมทองแดงโปรติเนท (Cu-proteinate) ในอาหารสุกรหย่านม ที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ลูกสุกรมีการดูดซึมทองแดงดีกว่าลูกสุกรที่ได้รับการเสริมทองแดงซัลเฟทในอาหาร ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Veum *et al.,* 2004) การเสริมเหล็กคีเลทในรูปเหล็กไกลซีน (Fe-glycine) ในอาหารลูกสุกรหย่านม ช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิต เพิ่มปริมาณเหล็กฮีโมโกลบิน และฮีมาโคคริทในเลือด (Feng *et al.,* 2007) เพิ่มปริมาณเหล็กในเนื้อเยื่อ เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzyme) และลดปริมาณเหล็กในมูล เมื่อเทียบกับลูกสุกรหย่านมที่ได้รับการเสริมเหล็กซัลเฟท (Feng *et al.,* 2009) การเสริมแร่ธาตุสังกะสีคีเลทในรูปสังกะสีเมทไธโอนีน (Zn-methionine) ในอาหารสุกร พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับการเสริมแร่ธาตุสังกะสีคีเลทดีกว่าสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุในรูปอนินทรีย์ (Zn-sulfate) (Cheng *et al*., 1998) สังกะสีอินทรีย์ในรูปสังกะสีโปรติเนท (Zn-proteinate) มีการดูดซึมได้ดีกว่าสังกะสีอนินทรีย์ ในรูปสังกะสีซัลเฟท เมื่อพิจารณาจากความเข้มข้นของสังกะสีในซีรั่มหลังการให้อาหาร 1 ชั่วโมง (โสภณ, 2545) การสะสมของแร่ธาตุเหล็ก และสังกะสีในตับสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่เสริมแร่ธาตุเหล็กและสังกะสีในรูปอินทรีย์ (Mullis *et al.,* 2003)

การเสริมแร่ธาตุเหล็กในอาหารลูกสุกรหย่านม ในรูปเหล็กเมทไธโอนีน (iron methionine) เทียบกับเหล็กซัลเฟต (iron sulfate) การใช้ประโยชน์ได้ของเหล็กเมทไธโอนีน 81 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเหล็กซัลเฟตที่มีค่าการใช้ประโยชน์ได้ 68 เปอร์เซ็นต์ (Lewis *et al*.,1995)

การเสริมแร่ธาตุสังกะสีในรูปอินทรีย์ (Zn-Methionine) ในอาหารสุกร พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุสังกะสีในรูปอินทรีย์ดีกว่าสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุในรูป อนินทรีย์ (Zn sulfate) สุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุสังกะสีในรูปอินทรีย์ มีการสะสมของแร่ธาตุสังกะสีในเนื้อเยื่อสูงกว่าสุกรที่ได้รับการเสริมแร่ธาตุในรูปอนินทรีย์ (Cheng *et al*., 1998) การสะสมของแร่ธาตุเหล็ก และสังกะสีในตับสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่เสริมแร่ธาตุเหล็กและสังกะสีในรูปอินทรีย์ (Mullis *et al.,* 2003)

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC)

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate เรียกย่อว่า MAC แร่ธาตุอินทรีย์คีเลท ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์ (animal supplementary) มีลักษณะเป็นสารละลายของเหลวเนื้อเดียว โดยเมื่อนำไปใช้ในการผลิตสุกร พบว่า สามารถทำให้อัตราการแลกเนื้อดีขึ้น อัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น ลดอัตราการตาย ลดความเครียด และลดกลิ่นอุจจาระ ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตสุกรได้

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ประกอบไปด้วยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และแร่ธาตุอินทรีย์ ดังนี้ แคลเซียม (Calcium) แมกนีเซียม (Magnesium) โพแตสเซียม (Potassium) เหล็ก (Iron) สังกะสี (Zinc) แมงกานีส (manganese) ซีลีเนียม (Selenium) ทองแดง (Copper) โครเมียม (Chromium) และโคบอลต์ (Cobalt)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate แร่ธาตุอินทรีย์คีเลท ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการที่จะนำมาเสริมในอาหารให้กับพ่อสุกรเพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำเชื้อให้ดีขึ้น ทั้งนี้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ใน Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate จะทำหน้าที่ช่วยในการสร้างเนื้อเยื่อในลูกอัณฑะของพ่อสุกรได้มากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อเยื่อ seminiferous tubules ที่เป็นแหล่งผลิตเซลอสุจิ และช่วยทำให้ accessory glands ซึ่งมีหน้าที่ผลิต seminal plasma มีการพัฒนาขนาดที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกรที่รีดได้ นอกจากนี้เมื่อนำน้ำเชื้อที่รีดได้มาเจือจางด้วยสารละลายน้ำเชื้อที่มีองค์ประกอบของ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate จะช่วยรักษาสภาพผนังของเซลอสุจิให้คงอยู่ได้นานขึ้น ก็จะเป็นการช่วยทำให้น้ำเชื้อสุกรสามารถเก็บรักษาได้นานวันมากขึ้น

สำหรับประเทศไทยได้มีการพัฒนาและผลิตแร่ธาตุให้อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ใช้เสริมในอาหารสัตว์มากขึ้น เพื่อให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากแร่ธาตุได้สูงสุด และจากการวิจัยและพัฒนาในห้องปฏิบัติการที่ผ่านมา จึงเห็นว่าการใช้แร่ธาตุในรูปสารประกอบอินทรีย์เสริมลงในอาหารสัตว์ สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตในพ่อพันธุ์สุกร ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษา ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหาร ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร และศึกษาสารละลายน้ำเชื้อที่มีการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำเชื้อสุกร ถ้าการใช้ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate สามารถช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเชื้อสุกรและเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาให้ได้นานขึ้นจริงก็จะทำให้ผู้เลี้ยงสุกรสามารถลดต้นทุนในการผลิตสุกรลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

สัตว์ทดลอง

ใช้พ่อสุกรพันธุ์ดูรอค อายุเฉลี่ย 2 ปี จำนวน 15 ตัว โดยสุกรแต่ละตัวเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว คอกทดลอง ขนาด 2.5 x 3 ตารางเมตร พื้นซีเมนต์ทึบในสภาพโรงเรือนระบบปิดซึ่งมีอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติ

แม่สุกรลูกผสมสายพันธุ์ (ลาร์จไวท์xแลนด์เรซ) จำนวน 147 ตัว แม่สุกรถูกเลี้ยงในกรงตับพื้นคอกเป็นพื้นปูแสลท มีรางอาหารและมีอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติ ในสภาพโรงเรือนระบบปิด

อาหารทดลอง

อาหารทดลองเป็นอาหารควบคุม โดยพ่อสุกรทุกกลุ่มได้รับอาหารสูตรสำหรับเลี้ยงพ่อสุกร ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 โดยมีการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ชนิดน้ำ

ให้อาหารแก่พ่อพันธุ์สุกร 2.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ให้วันละ 1 มื้อ เวลา 10.00 น. โดยอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารสูตรสุกรพ่อพันธุ์ (อาหารพื้นฐาน) และมีที่ให้น้ำอัตโนมัติให้กินตลอดเวลา

อุปกรณ์รีดเก็บน้ำเชื้อ

1. หุ่นล่อ (dummy)
2. ถุงพลาสติก
3. บีคเกอร์พลาสติกแบบมีหู (breaker)
4. ผ้ากอซ (gauze)
5. กระติกน้ำแข็ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. กระดาษชำระ
7. ยางวงรัดของ

อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของน้ำเชื้อ

1. เทอร์โมมิเตอร์
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

สารเคมีและอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพน้ำเชื้อ

1. กล้องจุลทรรศน์ ชนิด compound eye (Olympus B H-2)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยมสองตำแหน่ง
3. บีกเกอร์ (breaker)
4. แผ่นสไลด์ (slide)
5. กระจกแผ่นบางปิดสไลด์ (coverglass)
6. Micropipette
7. เครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำเชื้อ (SpermaCue Photometer) ของบริษัท Minitub Abfüll- und Labortechnik GmbH & Co. KG ประเทศเยอรมัน
8. เครื่องวัดความเป็นกรด- ด่าง (pH Meter INDEX ID-1000)
9. เครื่องนับจำนวน (hand operated counter)
10. น้ำกลั่น
11. หลอดทดลอง (microcentrifuge tube) ขนาด 1.5 มิลลิลิตร
12. เครื่องตรวจคุณภาพน้ำเชื้อด้วยซอร์ฟแวร์ Weili Color Sperm Analysis System (WLJY-9000 Dynamic Software)
13. สารเจือจางน้ำเชื้อสูตร NSRTC 4
14. สีอีโอซิน (eosin) สีนิโกรซิน (nigrosin) โซเดียมซิเตรท (sodium citrate) สำหรับทำสีย้อมเพื่อตรวจดูตัวเป็นตัวตายและความผิดปกติของตัวอสุจิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์ผสมเทียม

1. Catheter ชนิด 2 in 1
2. น้ำเชื้อที่เตรียมพร้อมผสมเทียม
3. น้ำกลั่น
4. กระติกน้ำแข็ง
5. กระดาษชำระ
6. กรรไกร

วิธีการ

ทำการแบ่งพ่อสุกรออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 5 ตัว พ่อสุกรทั้ง 3 กลุ่มได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ชนิดน้ำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน (กลุ่มควบคุม)
กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานและเสริมด้วย MAC ชนิดน้ำ 1 ลิตรต่อตัน
กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานและเสริมด้วย MAC ชนิดน้ำ 2 ลิตรต่อตัน

ให้อาหารแก่พ่อพันธุ์สุกร 2.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ให้วันละ 1 มื้อ เวลา 10.00 น. โดยอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารสูตรสุกรพ่อพันธุ์ (อาหารพื้นฐาน) และเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ไปพร้อมกับการให้อาหารพ่อสุกร

การศึกษาคุณภาพน้ำเชื้อ

การรีดเก็บน้ำเชื้อใช้วิธีบีบนวดปลายอวัยวะสืบพันธุ์ของพ่อสุกร (Glove hand method) แล้วทำการรีดเก็บทุกส่วนของน้ำเชื้อ (total semen) ยกเว้นส่วนใสส่วนแรกที่ออกมาโดยมีผ้ากอซกรองแยกเม็ดสาคูออก ในการรีดเก็บน้ำเชื้อเพื่อบันทึกผลการทดลองใช้ระยะเวลา 90 วัน ตั้งแต่เริ่มทำการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ชนิดน้ำ โดยมีความถี่ในการรีดเก็บน้ำเชื้อ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ การตรวจคุณภาพน้ำเชื้อจะตรวจตามวิธีการของ ศรีสุวรรณ (2542) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ปริมาตร (volume) วัดปริมาตรน้ำเชื้อที่รีดเก็บได้จากถุงพลาสติกที่เป็นภาชนะรองรับน้ำเชื้อโดยนำถุงพลาสติกที่มีน้ำเชื้อไปชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล แล้วหักน้ำหนักของถุงพลาสติกออก และนำมาคำนวณเป็นปริมาตรโดยใช้สูตร

ปริมาตร (มิลลิลิตร) = น้ำหนักของน้ำเชื้อ (กรัม) x 0.95

2. สี (color) แบ่งระดับคะแนนสีของน้ำเชื้อออกเป็น 4 ระดับ (0-3) คือ

ระดับ 0 หรือ เกรดดี (D) สีของน้ำเชื้อจะใสคล้ายกับน้ำ (watery)
ระดับ 1 หรือ เกรดซี (C) สีของน้ำเชื้อมีสีขุ่นขึ้น (cloudy) ดีกว่าระดับ 0
ระดับ 2 หรือ เกรดบี (B) สีของน้ำเชื้อออกสีขาวขุ่นใกล้เคียงสีของน้ำนม (milky)
ระดับ 3 หรือ เกรดเอ (A) สีของน้ำเชื้อออกสีขาวขุ่น เหมือนสีครีม (thick creamy)

3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเชื้อ วัดโดยใช้เครื่องวัด pH meter

4. ความเข้มข้นของตัวอสุจิในน้ำเชื้อ (sperm concentration) โดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำเชื้อ (spermacue photometer)

5. จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ (total sperm) โดยคำนวณจากสูตร

จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ = ปริมาตรน้ำเชื้อ (มล.) x ความเข้มข้นของตัวอสุจิในน้ำเชื้อ (10^6 ตัว/มล.)

6. motile sperm และทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ ซึ่งได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ยเป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ (Average Path Velocity: VAP, μm/s) ความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งของตัวอสุจิ (Curvilinear Velocity: VCL, μm/s) ความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายของตัวอสุจิ (Straight Line Velocity: VSL, μm/s) และ เปอร์เซ็นต์ progressive movement โดยการเจือจางน้ำเชื้อกับสารละลายน้ำเชื้อ สูตร NSRTC 4 ในอัตราส่วน 1:3 และนำน้ำเชื้อที่ทำการเจือจางแล้วไปประเมินโดยเครื่องตรวจคุณภาพน้ำเชื้อ (WLJY-9000 Dynamic Software)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. live sperm และลักษณะความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิ (sperm morphology) ตรวจสอบโดยนำสีย้อม อีโอซิน-นิโกรซินที่อุ่นแล้วใส่ในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตรจำนวน 3-5 หยด ต่อน้ำเชื้อ 1 หยด เขย่าเบาๆให้น้ำเชื้อและสีย้อมเข้ากัน จากนั้นใช้ Micropipette ดูดขึ้นมาแล้วนำมาหยดลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด แล้วใช้ปลายของสไลด์อีกแผ่นหนึ่งวางทำมุม 30-40 องศา ตรงตำแหน่งที่หยดแล้วลากสไลด์ ให้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ปล่อยให้สไลด์แห้ง แล้วจึงนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า นับตัวอสุจิทั้งหมด 200 ตัว แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของอสุจิที่ผิดปกติแต่ละลักษณะ และตรวจสอบ live sperm โดยการนับจำนวนตัวอสุจิ โดยดูการติดสีและไม่ติดสีของตัวอสุจิ ตัวอสุจิย้อมแล้วติดสีโดยมีลักษณะเป็นสีม่วงหรือสีชมพูบริเวณส่วนหัว แสดงว่าเป็นอสุจิตัวตาย ซึ่งอสุจิตัวเป็น (live sperm) จะไม่ติดสีบริเวณส่วนหัว

การศึกษาระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุในซีรั่ม

ทำการเก็บตัวอย่างซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกรหลังจากเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ชนิดน้ำในอาหารไปแล้ว 90 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างละ 3-5 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ซีลีเนียม ทองแดง โครเมียม และโคบอลต์ ที่ละลายในซีรั่ม โดยใช้วิธี Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) (ลาวัลย์, 2552)

การศึกษาสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร

แบ่งแม่สุกรออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 49 ตัว แม่สุกรทั้ง 3 กลุ่ม จะได้รับการผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อของพ่อสุกรที่เสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ชนิดน้ำในอาหาร ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อพ่อสุกรกลุ่มควบคุม
กลุ่มที่ 2 ผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อพ่อสุกรกลุ่มที่เสริม MAC ชนิดน้ำ 1 ลิตรต่อตัน ในอาหาร
กลุ่มที่ 3 ผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อพ่อสุกรกลุ่มที่เสริม MAC ชนิดน้ำ 2 ลิตรต่อตัน ในอาหาร

เมื่อพบว่ามีแม่สุกรที่แสดงอาการเป็นสัดและพร้อมที่จะทำการผสม ก็จะคำนวณระยะเวลาที่เหมาะสมในการผสมเทียมตามคู่มือปฏิบัติการผสมเทียมในสุกร (ศรีสุวรรณ, 2542) หลังจากนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำแม่สุกรที่ผ่านการคัดเลือกและเป็นสัด ทำการอาบน้ำและนำเข้าสู่คอกผสมพันธุ์ โดยการผสมเทียมจะใช้อุปกรณ์อวัยวะเพศผู้เทียม แบบ 2 in 1 ระหว่างที่มีการผสมเทียมจะใช้พ่อสุกรมาทำการกระตุ้นอยู่ข้างๆ กรงด้วย

ก่อนที่จะทำการฉีดน้ำเชื้อที่ได้จากพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ชนิดน้ำในอาหารแล้วจึงฉีดน้ำเชื้อให้กับแม่สุกรที่เป็นสัด แม่สุกรทุกตัวจะได้รับการผสมเทียม 2 ครั้ง/การเป็นสัด โดยใช้น้ำเชื้อที่เจือจางแล้วมีความเข้มข้นของตัวอสุจิมีชีวิตเฉลี่ย 4 x 10^9 ตัวต่อน้ำเชื้อ 70 มิลลิลิตร และหลังจากผสมเทียมได้ประมาณ 21± 3 วัน จะตรวจการเป็นสัดเช้า และ เย็น เวลา 06.00-07.30น. และ 15.00-16.30 น. ทุกวันโดยใช้ทั้งพ่อพันธุ์และคน และหลังผสม 35 วัน ตรวจการตั้งท้องด้วยเครื่อง Real time

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกรแต่ละตัวดังต่อไปนี้

1. ปริมาตรของน้ำเชื้อ (volume)
2. สีของน้ำเชื้อ (color)
3. ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเชื้อ (pH)
4. ความเข้มข้นของตัวอสุจิในน้ำเชื้อ (sperm concentration)
5. จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดต่อการหลั่งแต่ละครั้ง (total sperm /ejaculate)
6. motile sperm
7. ความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ (velocity and movement) ซึ่งได้แก่ VCL, VSL, VAP และ เปอร์เซ็นต์ progressive movement
8. live sperm
9. ความผิดปกติของตัวอสุจิ (sperm morphology)

บันทึกข้อมูลสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรแต่ละตัวดังต่อไปนี้

1. จำนวนแม่สุกรที่กลับสัด 21±3
2. จำนวนแม่สุกรเข้าคลอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. จำนวนลูกแรกคลอดทั้งหมดต่อครอก
4. จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตต่อครอก

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบ Repeated Measurement in CRD (Complete Randomized Design) ในการศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร โดยมีแบบหุ่นทางสถิติ (statistical model) คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + T_j + \alpha T_{ij} + E_{ijk}$$

โดยที่ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i และช่วงเวลาที่ระดับ j ซ้ำที่ k เมื่อ k = 1,2,3,4,5

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

α_i คือ อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i เมื่อ i = 1, 2, 3

T_j คือ อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยช่วงเวลา ที่ระดับ j เมื่อ j = 1, 2, 3,…, 12

αT_{ij} คือ อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i และช่วงเวลา ที่ระดับ j

$\delta_{k(i)}$ คือ อิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์หรือหน่วยทดลองที่ระดับ k ใน treatment ที่ i

E_{ijk} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2003) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Complete Randomized Design (CRD) ในการศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ต่อระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกร และในการศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกรต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร โดยมีแบบหุ่นทางสถิติ (statistical model) คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_{ij}$$

โดยที่ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i = 1, 2, 3 ซ้ำที่ j = 1, 2, 3,..., 49

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i คือ อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i = 1, 2, 3

E_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2003) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$

สถานที่ทำการทดลอง

บริษัท เบทาโกรเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด (ฟาร์มสุกรพันธุ์เขาน้ำสุด) เลขที่ 139 หมู่ 6 ตำบลทับยายเชียง อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

เดือน มีนาคม – มิถุนายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร พบว่า ผลของการเสริม MAC และระยะเวลาที่พ่อสุกรได้รับ MAC ในอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (P> 0.05)

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร

ปริมาตร (volume)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อปริมาตรน้ำเชื้อ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 305.49, 363.47 และ 343.29 มิลลิลิตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับ ธนกร (2553) รายงานว่าการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ พบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

Marin Guzman *et al*.(1997) รายงานว่าการเสริม ซีลีเนียมยีสต์ โซเดียมซีลีไนด์ และวิตามินอีในอาหารพ่อสุกร พบว่าคุณภาพน้ำเชื้อพ่อสุกรในลักษณะ ปริมาตร ความเข้มข้นและการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) ซึ่งขัดแย้งกับ Kolodziej and Jacyno (2004) ที่พบว่าการเสริมซีลีเนียมที่ระดับ 0.2 และ 0.3 ส่วนต่อล้านส่วน ร่วมกับการเสริมวิตามินอีที่ระดับ 30 และ 60 ส่วนต่อล้านส่วนทำให้ปริมาตรของน้ำเชื้อที่หลั่งต่อครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

จากการผลทดลองครั้งนี้ ปริมาตรน้ำเชื้อของพ่อสุกรในกลุ่มที่เสริม MAC จะมีค่าสูงกว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุมถึงแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แสดงว่า MAC อาจจะไปช่วยทำให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

accessory gland มีการผลิต seminal plasma เพิ่มขึ้น จากรายงานของ ศรีสุวรรณ (2542) รายงานว่า ปริมาตรน้ำเชื้อของสุกรที่รีดเก็บได้ครั้งหนึ่งๆ ตามปกติมีตั้งแต่ 80-300 มิลลิลิตร ซึ่งจะแปรผันมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อาหาร ฤดูกาล อายุ ความชำนาญของการรีดน้ำเชื้อ ความถี่ในการรีดเก็บน้ำเชื้อ เวลาในการรีดเก็บ เทคนิคในการรีด และลักษณะพ่อสุกรแต่ละตัว เป็นต้น

ตารางที่ 7 ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร

ลักษณะ	อาหารทดลอง			P-value
	ไม่เสริมMAC (กลุ่มควบคุม)	เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน	เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน	
ปริมาตรของน้ำเชื้อที่หลั่งต่อครั้ง (มิลลิลิตร)	305.49±6.32	363.47±18.60	343.29±9.53	0.665
สีของน้ำเชื้อ (0-3)	3.00±0.00	3.00±0.00	2.97±0.02	0.397
ความเป็นกรด-ด่าง	7.03±0.02	6.98±0.02	6.99±0.02	0.479
ความเข้มข้นของตัวอสุจิ($x10^6$ ตัวต่อมิลลิลิตร)	402.64±7.47	422.42±8.37	455.21±6.90	0.121
จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ ($x10^9$ ตัว/ครั้งที่หลั่ง)	122.44±3.15	149.45±6.57	157.22±5.42	0.332
Motile sperm (เปอร์เซ็นต์)	90.04±0.75	91.49±0.55	93.22±0.52	0.251
Live sperm (เปอร์เซ็นต์)	88.46±0.46^{b}	89.59±0.48^{ab}	90.48±0.45^{a}	0.029
VCL[1] (ไมโครเมตร/วินาที)	56.66±1.33	61.39±1.44	60.55±1.61	0.426
VSL[2] (ไมโครเมตร/วินาที)	27.57±0.54	29.50±0.62	29.25±0.64	0.534
VAP[3] (ไมโครเมตร/วินาที)	35.00±0.65	37.65±0.73	37.22±0.80	0.393
Progressive movement (เปอร์เซ็นต์)	57.98±0.72	58.00±0.74	60.27±0.75	0.550
Curveline movement (เปอร์เซ็นต์)	32.05±0.68	33.36±0.69	32.82±0.68	0.748
ความผิดปกติที่ส่วนหัว (เปอร์เซ็นต์)	2.90±0.27	2.61±0.26	2.26±0.22	0.200
ความผิดปกติที่ส่วนหาง (เปอร์เซ็นต์)	2.82±0.37	1.69±0.18	2.31±0.28	0.192
Cytoplasmic droplet (เปอร์เซ็นต์)	4.27±0.38	2.55±0.31	2.72±0.27	0.198

หมายเหตุ ^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± standard error)

[1]Curvilinear Velocity, [2]Straight Line Velocity [3]Average Path Velocity

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีของน้ำเชื้อ (color)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อลักษณะสีของน้ำเชื้อ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00, 3.00 และ 2.97 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับ ธนกร (2553) รายงานว่าการเสริมการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ พบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

การเสริม MAC ไม่ได้ช่วยทำให้สีของน้ำเชื้อในกลุ่มที่เสริม MAC แตกต่างจากกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาสีของน้ำเชื้อจากการทดลองทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีลักษณะสีขาวขุ่นใกล้เคียงกับสีของน้ำนม โดยความเข้มข้นที่ระดับนี้จะมีตัวอสุจิในน้ำเชื้อมาก ประมาณ 400-800 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร ซึ่งสีของน้ำเชื้อมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอสุจิต่อมิลลิลิตร โดยถ้าสีของน้ำเชื้อขุ่นมากความเข้มข้นของอสุจิต่อมิลลิลิตรจะสูง (ศรีสุวรรณ, 2542) ซึ่งลักษณะของสีน้ำเชื้อที่ศึกษานี้ จะให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นต่อมิลลิลิตรของอสุจิที่ทำการศึกษา

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้อ (pH)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อลักษณะความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้อ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.03, 6.98 และ 6.99 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับ ธนกร (2553) รายงานว่าการเสริมการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ พบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสดงให้เห็นว่าการเสริม MAC ไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้อ ศรีสุวรรณ (2542); Salisbury *et al*.(1978) รายงานว่า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้อพ่อสุกรอยู่ระหว่าง 6.8-7.8 และภายหลังรีดออกมาควรอยู่ในช่วง 7.2-7.5 ซึ่งคุณภาพน้ำเชื้อที่ดีควรมีความเป็นกรด-ด่างค่อนไปทางกรด ซึ่งจะพบได้ในน้ำเชื้อที่มีความเข้มข้นของตัวอสุจิสูง ความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเชื้อพ่อสุกรแต่ละตัวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย เช่น การใช้น้ำตาลฟรักโทสของตัวอสุจิ จะส่งผลให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งจะส่งผลทำให้น้ำเชื้อมีสภาพเป็นกรด การติดเชื้อของseminal vesicle การปนเปื้อนของน้ำปัสสาวะขณะรีดน้ำเชื้อ ขณะเก็บจะส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างลดลง พันธุ์ของพ่อสุกร และความแตกต่างระหว่างพ่อสุกรแต่ละตัวก็ส่งผลต่อความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื้ออีกด้วย

ความเข้มข้นของตัวอสุจิ (sperm concentration)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อลักษณะความเข้มข้นของตัวอสุจิ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 402.64, 422.44 และ 455.21 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งขัดแย้งกับงานทดลองของ Kolodziej and Jacyno (2005); Combs and Combs (1986) ที่รายงานว่าการเพิ่มระดับซีลีเนียมในอาหารจะส่งผลให้ความเข้มข้นของตัวอสุจิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) อาหารที่ขาดซีลีเนียมจะมีผลทำให้อัณฑะฝ่อ ปริมาตรน้ำเชื้อที่หลั่งต่อครั้ง และความเข้มข้นของตัวอสุจิลดลง ทั้งนี้เนื่องจากซีลีเนียมจะช่วยส่งเสริมการทำงานของฮอร์โมน FSH และ LH กระตุ้นเลดิกส์เซลล์ในการผลิตฮอร์โมน เทสโทสเตอโรน ซึ่งฮอร์โมนเหล่านี้จะช่วยในการควบคุมการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงตามวัยของอวัยวะสืบพันธุ์ตั้งแต่การผลิตไข่ กระบวนการสร้างตัวอสุจิ พฤติกรรมทางเพศ ลักษณะที่บ่งบอกเพศ ตลอดจนกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นเพื่อการสืบพันธุ์ (Edens, 2002; นทีทิพย์, 2538) อย่างไรก็ตามพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม MAC ทุกระดับจะมีแนวโน้มที่จะให้ความเข้มข้นของตัวอสุจิต่อมิลลิลิตรสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงว่าการเสริม MAC จะสามารถเพิ่มความเข้มข้นของตัวอสุจิได้ถึงจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติก็ตาม

จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ (total sperm)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 122.44, 149.45 และ 157.22 (X 10^6) ตัว/ครั้งที่หลั่ง ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับ ธนกร (2553) รายงานว่าการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ พบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) Liao *et al.* (1985) ได้ทำการเสริมสังกะสีในอาหารพ่อสุกรที่ระดับ 32, 89, 146 และ 192 ppm ในอาหาร 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน พบว่ากลุ่มที่เสริมสังกะสีที่ระดับ 89 และ 146 ppm มีจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อสูงสุด แต่ผลของการเสริมสังกะสีไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของตัวผิดปกติ แต่เมื่อพิจารณาจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อโดยเฉลี่ย พบว่าพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีปริมาตรและความเข้มข้นต่อมิลลิลิตรสูง เมื่อเอาค่าทั้ง 2 มาคูณกัน จึงทำให้จำนวนตัวอสุจิรวมมีค่าที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม

Motile sperm

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ Motile sperm พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.04, 91.49 และ 93.22 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับ ธนกร (2553) รายงานว่าการเสริมการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ พบว่า สีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง อัตราเร็วในการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่จริงของตัวอสุจิ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติที่ส่วนหางและ cytoplasmic droplet แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) Kolodziej and Jacyno (2005) ทำการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกรที่เสริมซีลีเนียม 0.2 ppm ร่วมกับวิตามินอี 30 ppm และซีลีเนียม 0.5 ppm ร่วมกับวิตามินอี 60 ppm พบว่าการเสริมไม่มีผลต่อปริมาตรของน้ำเชื้อ และเปอร์เซ็นต์ motile sperm ในทางตรงกันข้าม พบว่าความเข้มข้นของตัวอสุจิ เละจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ สูงสุดในพ่อสุกรกลุ่มที่เสริมซีลีเนียม 0.5 ppm ร่วมกับวิตามินอี 60 ppm และยังพบว่าพ่อสุกรกลุ่มดังกล่าวมีมีเปอร์เซ็นต์ตัวผิดปกติที่ต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Live sperm

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ Live sperm พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.46, 89.59 และ 90.48 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 อาจเนื่องจากไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและการเพิ่มไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ลงไปในอาหาร อาจจะมีส่วนช่วยทำให้ตัวอสุจิมีชีวิตรอดเพิ่มมากขึ้นเพราะ ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีโครงสร้างที่มีหมู่ อะมิโนอิสระ(-NH2) และ หมู่ไฮดรอกซี(-OH) ซึ่งมีความสามารถในการหยุดขบวนการ lipid peroxidation (Xie *et al*., 2001) โดยให้ไฮโดรเจนแก่เปอร์ออกซิล แรดิคัล(peroxyl radical: $RO^{\cdot}$) และอัลคอกซิล แรดิคัล(alkoxyl radical: $ROO^{\cdot}$) ทำให้ตัวอสุจิไม่ถูกอนุมูลอิสระเข้ามาทำลาย ซึ่งอนุมูลอิสระต่างๆ สามารถทำให้เกิดการตายของอสุจิได้ โดยอนุมูลอิสระเหล่านั้นจะเร่งให้ไมโตคอนเดรียหลั่งไซโตโครมซีออกมา ทำให้เอนไซม์คาสเพส 8 และ 9 ถูกกระตุ้น ซึ่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งของเอนไซม์คาสเพส 3, 6 และ 7 ส่งผลให้ไซโตพลาสซึม และเยื่อหุ้มเซลล์ของอสุจิเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดการแตกหักของสายดีเอ็นเอขึ้น เนื่องจากเอนไซม์เอนโดนิวคลีเอสถูกกระตุ้นให้ทำงาน และในที่สุดทำให้เกิดการตายของอสุจิขึ้น (Agarwal *et al*., 2003)

การเสริมซีลีเนียมลงไปในอาหารอาจจะมีส่วนช่วยทำให้ตัวอสุจิมีชีวิตรอดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากซีลีเนียมจะเป็นองค์ประกอบของ เอ็นไซม์ กลูทาไธโอน เปอร์ออกซิเดส (GSH-Px) ซึ่งเอ็นไซม์ดังกล่าวจะทำหน้าที่สลาย peroxide ที่เกิดขึ้นในเซลล์อันเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้cell membrane ของ organall ที่สำคัญ เช่น ไมโตคอนเดรีย ถูกทำลาย การเพิ่มปริมาณซีลีเนียมให้สูงขึ้นจะส่งผลให้เอ็นไซม์ กลูทาไธโอนเปอร์ออกซิเดสเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้การเกิด peroxide ลดลง (Tangbanluekal,1992; Mahan and Kim,1996) ขัดแย้งกับรายงานการทดลองของ Jacyno *et al.* (2002) รายงานว่า การสริมซีลีเนียมยีสต์ และ 41 โซเดียมซีลีไนท์ที่ระดับ 0.2 ส่วนต่อล้านส่วน ร่วมกับการเสริมไวตามินอีที่ระดับ 60 และ 30 ส่วนต่อล้านส่วน ตามลำดับ พบว่า ปริมาตร ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ตัวอสุจิมีชีวิต ตัวอสุจิเป็น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ (velocity and movement)

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ย VCL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.66, 61.39 และ 60.55 ไมโครเมตร/วินาที ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย VSL มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 27.57, 29.50 และ 29.25 ไมโครเมตร/วินาที ตามลำดับ และค่าเฉลี่ย VAP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.00, 37.65 และ 37.22 ไมโครเมตร/วินาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ progressive movement ของพ่อสุกรกลุ่มควบคุม พ่อสุกรกลุ่มที่เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และพ่อสุกรกลุ่มที่เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีเปอร์เซ็นต์ progressive movement เท่ากับ 57.98, 58.00 และ 60.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งตามปกติแล้วน้ำเชื้อที่มีคุณภาพดีจะต้องมีตัวอสุจิที่เคลื่อนไหวแบบพุ่งไปข้างหน้าเป็นจำนวนมาก การที่ตัวอสุจิสามารถว่ายได้ดีมากขึ้นนั้น ในแง่ของการผสมเทียมแล้วจัดได้ว่าน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกรตัวนั้นเหมาะสมที่จะนำมารีดเก็บน้ำเชื้อ เพื่อนำไปเจือจางเป็นน้ำเชื้อสดหรือน้ำเชื้อแช่แข็ง (ศรีสุวรรณ, 2542) ซึ่งมีผลให้อสุจิมีโอกาสที่จะว่ายไปปฏิสนธิกับไข่ได้สูง Xie *et al*., (2001) กล่าวว่าโครงสร้างของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งมีหมู่อมิโนอิสระสามารถจับกับอนุมูลอิสระได้ และสลาย peroxide ที่เกิดขึ้นในเซลล์ ซึ่งperoxide เป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เซลล์เมมเบรนของ organal ที่สำคัญ เช่นไมโตคอนเดรียถูกทำลาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ การเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงช่วยให้โครงสร้างของไมโทคอนเดรียที่บริเวณหางส่วนมิดพีชมีรูปร่างปกติ ส่งผลให้สร้างพลังงาน ATP มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ความผิดปกติของตัวอสุจิ

ความผิดปกติในส่วนหัวของอสุจิ

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติในส่วนหัวของตัวอสุจิ พบว่าพ่อสุกรกกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90, 2.61 และ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 Liao *et al.* (1985) ได้ทำการเสริมสังกะสีในอาหารพ่อสุกรที่ระดับ 32, 89, 146 และ 192 ppm ในอาหาร 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่ากลุ่มที่เสริมสังกะสีที่ระดับ 89 และ 146 ppm มีจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อสูงสุด แต่ผลของการเสริมสังกะสีไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของตัวผิดปกติ

Suria *et al*. (2001) รายงานว่าซีลีเนียมอาจจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างอสุจิระยะ Primary และ Secondary spermatocyte ซึ่งในระยะนี้จะมีการสังเคราะห์ DNA จำนวนมาก รวมทั้งสารอื่นๆ การขาดซีลีเนียมจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติส่วนหัวเพิ่มขึ้น และความสมบูรณ์ของหางอสุจิส่วน mid piece ลดลง

ความผิดปกติในส่วนหางของตัวอสุจิ

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติในส่วนหางของตัวอสุจิ พบว่าพ่อสุกรกลุ่ม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.81, 1.69 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 Liao *et al.* (1985) ได้ทำการเสริมสังกะสีในอาหารพ่อสุกรที่ระดับ 32, 89, 146 และ 192 ppm ในอาหาร 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน พบว่ากลุ่มที่เสริมสังกะสีที่ระดับ 89 และ 146 ppm มีจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อสูงสุด แต่ผลของการเสริมสังกะสีไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของตัวผิดปกติ

การเสริม MAC ไม่ทำให้ความผิดปกติในส่วนหางของตัวอสุจิแตกต่างไปจากกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า พ่อสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีความผิดปกติส่วนหางของอสุจิอยู่ในช่วงปกติคือ 2-5 เปอร์เซ็นต์ (อรรณพ, 2545) ซึ่งความร้อนก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อสุจิได้รับความเสียหายได้ โดย Stone (1982); Levis (2004) รายงานว่า พ่อสุกรจะมีความผิดปกติส่วนหางเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากทำให้เกิดภาวะ heat stress ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสร้างอสุจิ (Murase *et al*., 2007)

Calvin *et al.* (1981); Edens (2002) กล่าวว่า ซีลีเนียมเป็นองค์ประกอบของ mitochondria sheath ซึ่งอยู่ในส่วนของ mid piece ของหางอสุจิ ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานใช้ในการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ การขาดซีลีเนียมอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติส่วนหางสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นในไมโตคอนเดรีย ลดลง ความผิดปกติของส่วน อะโครโซม และนิวคลีอิกของอสุจิสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

cytoplasmic droplet ที่ส่วนหางของอสุจิ

ผลการศึกษาผลการเสริม MAC ในอาหารพ่อสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ cytoplasmic droplet ที่ส่วนหางของตัวอสุจิ พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27, 2.55 และ 2.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 7 Liao *et al.* (1985) ได้ทำการเสริมสังกะสีในอาหารพ่อสุกรที่ระดับ 32, 89, 146 และ 192 ppm ในอาหาร 2 กิโลกรัม/ตัว/วัน พบว่ากลุ่มที่เสริมสังกะสีที่ระดับ 89 และ 146 ppm มีจำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อสูงสุด แต่ผลของการเสริมสังกะสีไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของตัวผิดปกติ

การเสริม MAC ในการทดลองนี้ไม่ทำให้ เปอร์เซ็นต์ cytoplasmic droplet ที่ส่วนหางของอสุจิ ผิดปกติไปจากกลุ่มควบคุม จากการศึกษาพบว่า พ่อสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ cytoplasmic droplet ที่ส่วนหางของอสุจิอยู่ในช่วงปกติคือ 2-5 เปอร์เซ็นต์ (อรรณพ, 2545) รายงานของ สุธาทิพย์ (2550) กล่าวว่าหยดน้ำที่เกิดขึ้นบนส่วนหางของตัวอสุจิจะเกิดขึ้นในระหว่างการสร้างตัวอสุจิ หยดน้ำนี้จะถูกสลัดออกเมื่อตัวอสุจิเคลื่อนตัวมาอยู่ที่บริเวณท่อเก็บน้ำเชื้อข้างลูกอัณฑะ (epididymis) หากหยดน้ำนี้ไม่ถูกสลัดออกไปจากหางตัวอสุจิที่หลั่งออกมาจะมีหยดน้ำอยู่ที่ส่วนหาง ซึ่งถือว่าเป็นตัวอสุจิที่ผิดปกติ (Kuster *et al.,* 2004) เพราะตัวอสุจิชนิดนี้จะมีการเคลื่อนที่ได้ต่ำ ลักษณะการมีหยดน้ำที่หางนี้ อาจเกิดจากการที่ใช้งานพ่อสุกรถี่จนเกินไป หรือการใช้งานพ่อสุกรหนุ่มที่ยังไม่สมบูรณ์พันธุ์เต็มที่ (ศรีสุวรรณ, 2542; Almond *et al.,* 1998)

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ต่อระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกร

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกรเป็นเวลา 90 วัน พบว่าพ่อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีค่าเฉลี่ยของระดับแร่ธาตุ แคลเซียม โครเมียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส โพแตสเซียม และสังกะสี ในซีรั่มที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 8 แต่พบว่าระดับของแร่ธาตุซีลีเนียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.246, 0.276 และ 0.346 ppm ตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกร

แร่ธาตุ	ระดับแร่ธาตุ (ppm)			P-value
	ไม่เสริมMAC (กลุ่มควบคุม)	เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน	เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน	
แคลเซียม	89.13±2.94	86.80±1.12	85.12±1.27	0.331
โครเมียม	0.112±0.04	0.060±0.04	0.030±0.03	0.297
โคบอลต์	0.000±0.00	0.008±0.05	0.010±0.06	0.238
ทองแดง	1.826±0.09	1.719±0.12	1.718±1.11	0.755
เหล็ก	3.356±1.00	3.378±1.07	3.535±0.79	0.989
แมกนีเซียม	21.077±1.44	20.222±0.55	19.980±0.48	0.653
แมงกานีส	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	-
โพแตสเซียม	252.94±4.95	259.84±17.13	279.28±16.31	0.461
ซีลีเนียม	0.246±0.01^{b}	0.276±0.01^{b}	0.346±0.02^{a}	0.001
สังกะสี	0.500±0.29	0.721±0.30	0.805±0.20	0.727

หมายเหตุ ^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± standard error)

การสะสมของซีลีเนียมจะเริ่มสะสมในส่วนของเนื้อเยื่อต่างๆ จากมากไปน้อยคือ ไต ตับ เนื้อเยื่อลำไส้ และกล้ามเนื้อ (Young *et al*., 1976) ซึ่งในส่วนของเลือดจะเริ่มเก็บในส่วนของซีรั่มหรือพลาสมา กรณีที่ได้รับซีลีเนียมในระยะเวลาสั้น (Kim, 1999) หลังจากได้รับซีลีเนียมเป็นเวลา 60 วันจึงจะพบซีลีเนียมในเม็ดเลือดแดง (Krzysztif and Bronislaw, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหารพ่อสุกรต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร

ผลการศึกษาการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหารพ่อสุกรต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกร พบว่า อัตราการผสมติด อัตราการเข้าคลอด จำนวนลูกแรกคลอด และจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยแม่สุกรที่ได้รับการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อของพ่อสุกรในกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีอัตราการผสมติด และอัตราการเข้าคลอดที่สูงกว่าในกลุ่มควบคุม แต่พบว่ามีจำนวนลูกแรกคลอด และจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตน้อยกว่ากลุ่มควบคุมดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรที่ผสมด้วยน้ำเชื้อพ่อสุกรที่ได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหาร

ลักษณะ	กลุ่มทดลอง			P-value
	ไม่เสริมMAC (กลุ่มควบคุม)	เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน	เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน	
จำนวนแม่สุกรเข้าผสม (ตัว)	49	49	49	-
อัตราการผสมติด (%)	89.80±0.04	95.92±0.03	95.92±0.03	0.3495
อัตราการเข้าคลอด (%)	83.67±0.05	93.88±0.03	89.80±0.04	0.2679
จำนวนลูกแรกคลอด (ตัว)	11.88±0.44	11.07±0.53	11.00±0.51	0.3947
จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต (ตัว)	10.78±0.49	10.30±0.47	10.17±0.55	0.6737

อัตราการผสมติดนั้นมีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น คุณภาพน้ำเชื้อ ซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของตัวอสุจิ การเคลื่อนไหวของอสุจิ ปริมาตรของน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ตัวเป็นตัวตาย เป็นต้น ระยะเวลาในการผสมเทียม เทคนิคการผสมเทียม ฤดูกาล โภชนาการ และความสมบูรณ์ของแม่สุกร เป็นต้น (อรรณพ, 2545) เนื่องจากคุณภาพของน้ำเชื้อพ่อสุกรที่ใช้ในการผสมเทียมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่สุกร จากการศึกษาผลของการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกรในข้างต้น พบว่าการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ Live sperm ความเร็วและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ (velocity and movement) ซึ่งได้แก่ VCL, VSL, VAP และเปอร์เซ็นต์ progressive movement ที่สูงกว่าในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของตัวอสุจิที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แม่สุกรในกลุ่มที่ได้รับการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อของพ่อสุกรในกลุ่มที่ได้รับการเสริม MAC 1 ลิตร/ตัน และเสริม MAC 2 ลิตร/ตัน มีอัตราการผสมติดที่สูงกว่า ส่วนสาเหตุที่ทำให้แม่สุกรที่ผสมติดแล้วแต่ไม่สามารถเข้าคลอดได้ทุกตัว อาจเนื่องมาจากมีแม่สุกรแท้งลูกในขณะตั้งท้อง ซึ่งแม่สุกรบางตัวแสดงอาการแท้งในช่วงต้นของการอุ้มท้องที่ประมาณ 30 วัน บางแม่ก็แท้งในช่วงกลางของการอุ้มท้องที่ประมาณ 60 วัน จึงทำให้อัตราการเข้าคลอดของแม่สุกรในกลุ่มที่มีการแท้งลูกไม่เท่ากัน

จำนวนลูกแรกคลอดทั้งหมดต่อครอกนั้นเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นๆ หลายอย่างเช่น แม่สุกรมีการตกไข่มากไข่ที่ตกลงมาได้รับการปฏิสนธิเกือบทั้งหมดเนื่องจากคุณภาพน้ำเชื้อดีจังหวะการผสมดีและตัวอ่อน (embryo) มีการฝังตัวได้มากสิ่งเหล่านี้จะทำให้จำนวนลูกแรกคลอดสูงในส่วนของจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตต่อครอกก็เช่นกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพร่างกายของแม่สุกร จำนวนลูกแรกคลอด ระยะเวลาในการอุ้มท้อง สภาพแวดล้อม อาหารแม่สุกร เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลจากการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ชนิดน้ำในอาหารพ่อพันธุ์สุกรต่อคุณภาพน้ำเชื้อ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหาร พบว่ามีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อในลักษณะเปอร์เซ็นต์ live sperm เพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) แต่การเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ไม่มีผลต่อลักษณะสีของน้ำเชื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาตรของน้ำเชื้อ ความเข้มข้นของตัวอสุจิ จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ เปอร์เซ็นต์ motile sperm ความเร็วและทิศทางในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของตัวอสุจิ ($P>0.05$)

2. การเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหารต่อระดับแร่ธาตุในซีรั่มของพ่อพันธุ์สุกรพบว่ามีผลต่อค่าเฉลี่ยของระดับแร่ธาตุซีลีเนียมในซีรั่ม ($P<0.01$) แต่พบว่าการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ไม่มีผลต่อระดับของแร่ธาตุแคลเซียม โครเมียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส โพแตสเซียม และสังกะสี ในซีรั่ม ($P>0.05$)

3. สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรที่ได้รับการผสมเทียมจากน้ำเชื้อของพ่อทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า อัตราการผสมติด อัตราการเข้าคลอด จำนวนลูกแรกคลอด และจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นถึงการใช้ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในอาหารพ่อพันธุ์สุกร ควรศึกษาเพิ่มเติมการใช้ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในการเติมลงในสารละลายน้ำเชื้อ (extender)

2. ควรทำการศึกษาการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ในน้ำแช่แข็งเนื่องจาก Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate มีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ตัวอสุจิมีเปอร์เซ็นต์มีชีวิตที่เพิ่มขึ้น

3. ควรทำการศึกษาการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาให้นานกว่านี้ และมีการเพิ่มจำนวนสัตว์ทดลองซึ่งน่าจะเห็นผลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

4. เนื่องจาก Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate ที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดน้ำทำให้มีการตกตะกอนของตัวผลิตภัณฑ์ จึงควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ให้มีรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น ทำให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน หรือทำออกมาในรูปแบบผง เป็นต้น

5. ความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจในการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกรที่ระดับ 1 ลิตร/ตัน และ 2 ลิตร/ตัน พบว่าสามารถผลิตน้ำเชื้อได้ในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำน้ำเชื้อที่ได้ไปผสมเทียมกับแม่สุกร พบว่าการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในระดับ 1 ลิตร/ตัน สามารถเพิ่มผลกำไรได้มากกว่าการเสริมที่ระดับ 2 ลิตร/ตัน ดังแสดงในตารางที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจในการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ในอาหารพ่อสุกร

รายการ	อาหารทดลอง		
	ไม่เสริมMAC (กลุ่มควบคุม)	เสริม MAC 1 ลิตร/ตัน	เสริม MAC 2 ลิตร/ตัน
การคำนวณต้นทุนค่า MAC ในการผลิตน้ำเชื้อ 1 โด๊ส			
ปริมาตรของน้ำเชื้อที่หลั่งต่อครั้ง (มิลลิลิตร)	305.40	364.34	344.59
ความเข้มข้นของตัวอสุจิ ($x10^6$ ตัวต่อมิลลิลิตร)	404.01	425.31	457.00
Live sperm (เปอร์เซ็นต์)	88.43	89.68	90.52
จำนวนน้ำเชื้อที่ผลิตที่ความเข้มข้น $4x10^9$ ตัวต่อโด๊ส (โด๊สต่อตัวต่อสัปดาห์)	27.28	34.74	35.64
ต้นทุนค่า MAC ต่อสัปดาห์ (บาท)	0	6.125	12.25
ต้นทุนค่า MAC ในการผลิตน้ำเชื้อ 1 โด๊ส (บาท)	0	0.18	0.34
การคำนวณจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตทั้งหมดจากแม่สุกรเข้าผสม 100 ตัว			
เปอร์เซ็นต์การเข้าคลอด (%)	83.67	93.88	89.80
จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต (ตัว)	10.78	10.30	10.17
จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตทั้งหมด (ตัว)	902	967	914
การคิดส่วนต่างของรายได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม			
ค่าต้นทุน MAC ในการผสมเทียมแม่สุกร 100 ตัว (บาท) (ผสมเทียม 2 ครั้ง ต่อ 1 รอบ การเป็นสัด)	0	36	68
ราคาขายลูกสุกร(บาท) (ถ้าลูกสุกรราคา 1,000 บาท)	902,000	967,000	914,000
รายได้หลังหักค่าต้นทุน MAC	902,000	966,964	913,932
ส่วนต่างของรายได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม	-	64,964	11,932

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กษิดิ์เดช ธีรนิตยาธาร. 2554. **ผลของการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (นิวเคลียร์-COS) ในสารละลายน้ำเชื้อต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉลอง วชิราภากร. 2543. **โภชนศาสตร์แร่ธาตุของสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธนกร สดใส. 2553. **ผลของการเสริมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์สุกร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมน กลไกและการอกฤทธิ์ร่วม.** พิมพ์ครั้งที่1. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 321 น.

นวลจันทร์ พารักษา และสินชัย พารักษา. 2544. **อาหารสัตว์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 144 น.

บัญชา ธาตุชัย. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบการเรียนวิชา การผลิตสุกร (Swine Production)**. แหล่งที่มา: http://www.bcat.ac.th/data/swineproduction.pdf, 11 เมษายน 2556.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ปิยนุฐ ธนาวุธ. 2551. **ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2543. **"การใช้ไคติน-ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร"**, การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการ: เกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, 9-10 พฤศจิกายน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มงคล เตชะกำพุ. 2543. **เทคโนโลยีการย้ายฝากตัวอ่อนเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ในปศุสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลาวัลย์ ศรีพงษ์. 2552. เทคนิค ICP-MS ในงานเภสัชวิเคราะห์. **วารสารไทยไภสัชยนิพนธ์** 4 (3): 1-19.

ศรีสุวรรณ ชมชัย. 2542. **คู่มือปฏิบัติการผสมเทียมในสุกร**. สำนักพิมพ์สัตวเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ.

สาโรช ค้าเจริญ. 2547. **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุธาทิพย์ ไชยวงศ์. 2550. **การศึกษาคุณลักษณะทางด้านรูปร่างของอสุจิสุกร และการใช้ประโยชน์น้ำเชื้อเจือจางในการผสมเทียม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรชัย ชาครีรัตน์. 2545. **การสืบพันธุ์และการผสมเทียมโค-กระบือ**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวบุญ จิรชาญชัย, รังรอง ยกส้าน และ โกสุม สมัครรัตน์. 2544. สมบัติทางเคมีและกายภาพของไคติน-ไคโตซาน, น. 11-40. *ใน* **การประชุมเชิงปฏิบัติการ ไคติน-ไคโตซาน จากวัตถุดิบธรรมชาติสู่การประยุกต์ใช้**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โสภณ วิลัยศร. 2545. **ผลตอบสนองของการเสริมสังกะสีโปรตินเนทต่อสมรรถภาพการผลิตและระดับสังกะสีในซีรั่มของสุกร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรณพ คุณาวงษ์กฤต. 2545. **วิทยาการสืบพันธุ์สุกร**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรุณี มัชมี. 2547. **ผลของแร่ธาตุอินทรีย์ต่อสมรรถภาพการผลิตและภูมิคุ้มกันต่อโรคอหิวาต์สุกรในสุกรหย่านม-100 กิโลกรัม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 73 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

AAFCO. 1997. **Feed Ingredients Definition**. P. 165. *In* Hass, E. (ed.). Official Publication. Am. Assoc. Feed Control Offic., Harrisburg.

Agarwal, A., R. A. Saleh and M. A. Bedaiwy. 2003. Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. **Fertil. Steril.** 79(4): 829-843.

Akira, M.N. 1988. **The Ultimate Health Builder**, President of the Chitin-Chitosan Association for Clinical Use and Research.

Albion. 1994. **Factors influencing stability**. Albion Research Notes. 3(4): 1-4.

Almond, G., J. Britt, Flowers, C. Glossop, D. Levis, M. Morrow and T. See. 1998. **The Swine AI Book.** 2 ed. n. p., United Stated.

Ashmead, H.D. 1979. The influence of Chelated Iron Proteinate Fed to Sows with No Iron Supplementation to Their Baby Pigs. **J. Animal Sci.** 49:235.

_____. 1993. **The Roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition**. Noyes Publication. New Jersey. 479 p.

Bearden, H.J. and J.W. Fuquay. 1984. **Applied anumal reproduction**. 2nd ed. Reston bublishing company. Inc. USA.

Buhr, M.M. **Collecting boar semen**. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. [serial online] 17 August 1994. [cited 2000 Jan.8] Avialable from: URL: http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/livestock/swine/facts/semen.htm.

Calvin, H.I., Wallace, E. and G. W. Cooper. 1981. **The role of selenium in the organization of the mituchondrial**. Helix in rodent spermatozoa. In O.H. Muth, Ed., Selenium in Biology and Medicine , AVI Publishing Westport , CT, 319.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Carafoli, E., F. Clementi, W. Drabikohski and A. Margreth. 1975. **Calcium Transport in Contraction and Secretion**, pp. 470-485. *In* R.M. Riis (ed.). Dynamic Biochemistry of Animal Production. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York. 501 p.

Cheng, J., E.T. Kornegay and T. Schell. 1998. Influence of dietary lysine on the utilisation of zinc from zinc sulfate and zinc-lysine complex by young pigs. **J. Anim. Sci.** 76:1064.

Combs, G.F. and S. B. Combs. 1986. **The Role of Selenium in Nutrition**. Acadenmic Press, New York. 115 p.

Edens, F.W. 2002. **Practical application for selenomethionine**: broiler breeder reproduction. Department of Poultry Science, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.

Feng, J., W.Q. Ma, Z.R. Xu, J.X. He, Y.Z. Wang and J.X. Liu. 2007. Effects of iron glycine chelate on growth, haematological and immunological characteristics in weaning pigs. **Anim. Feed Sci. Technol.** 134: 261–272.

_____, _____, _____, _____, _____ and _____. 2009. The effect of iron glycine chelate on tissue mineral levels, fecal mineral concentration, and liver antioxidant enzyme activity in weanling pigs. **Anim. Feed Sci. Technol.** 150: 106–113.

Georgievskii, V.I., B.N. Annenkov and V.T. Samokin. 1981. **The Physiological Role of Macroelements Mineral Nutrition of Animal**. English Translation Butterworths Co(publishers) Ltd., London. 405 p.

Gladyshev, V.N., K.T. Jeng and T.C. Stadtman. 1996. Selenocyteine , identified as the penultimate C-terminal residue in Human T-cell thioredoxin reductase, corresponds to TGA in the human placental gene. **Proc. Nat. Acad. Sci.** U.S.A. 93: 6146-6151.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Greenberg, L.G. and J.P. Mahone. 1981. The effect of a 15-H photoperiod on reproductive function in boars at 2, 3, 4 or 5 months of age. **Can. J. Anim. Sci**. 61(3-4): 925-934.

Hafez, E.S.E. 1970. **Reproduction and Breeding Techniques for Laboratory Animals**. Lea & Febiger. Philadephia.

_____. 1974. **Reproduction in Farm Animals**. 3rd ed. Lea & Febiger. USA.

_____. 1993. **Reproduction in Farm Animals**. 6th ed. Reproductive Health Center, South Cololina. USA.

Hemsworth, P.H., C.G. Winfield and W.A. Chamley. 1981. The influence of the presence of the female on the sexual behaviour and plasma testosterone levels of the mature male pig. **Anim. Prod**. 32: 61 – 65.

Hill, G.M. and J.W. Spears. 2000. **Trace and Ultratrace Elements in Swine Nutrition**. pp. 229-262. *In* Lewis, A.J. and L.L. Southen (eds.). Swine Nutrition. CRC Press, New York. 1009 p.

Hoekstra, W. G. 1970. **The complexity of dietary factors affecting zinc nutrition and metabolism in chicks and swine**. Pp. 347–353 in Trace Element Metabolism in Animals, C. F. Mills, ed. Edinburgh: E. & S. Livingstone.

Jacyno, E., M. Kawecka, M. Kamyczek, A. Kolodziej, J. Owsianny and B. Delikator. 2002. Influence of inorganic SE + vitamin E and organic SE + vitamin E on reproductive performance of young boars. **Agric. Food. Sci**. Finland. 11: 175-184.

Kennedy, B.W. and J.N. Wilkins. 1984. Boar, Breed and environmental factors influencing semen characteristics of boars used in artificial insemination. **Can J. Anima. Sci**. 64(4): 833-843.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kim, Y.Y. 1999. **Selenium metabolism and toxicity of inorganic and organic selenium sources and levels on growth, reproduction, and other mineral nutrients in swine**. Ph.D. thesis, Ohio State University, Columbus, OH. 149 pp.

Kline, E. A., J. Kastelic, C. C. Ashton, P. G. Homeyer, L. Quinn, and D. V. Catron. 1954. The effect on the growth performance of young pigs of adding cobalt, vitamin B_{12} and antibiotics to semipurified rations. **J. Nutr**. 53:543–555.

Kolodziej, A. and E. Jacyno. 2005. Effect of selenium and vitamin E supplementation on reproductive performance of young boars. Archiv fur Tierzucht 48:68-75.

Krzysztif, I. and A. Z. Bronislaw. 1995. Selenium supplementation Enhances the Element Concentration in blood and Seminal Fluid But Does Not Change the Spermatozoal Quality Characteristics in Subfertile Men. **J. Androl.** 16: 441-447.

Kunavongkrit, A. and P. Preteep. 1995. Inflence of ambient temperature on reproductive efficiency in pigs: (1) boar semen quality. **The Pig Journal**. 101: 43-47.

Kuster, C.E., R.A. Hess and G.C. Althouse. 2004. Immunofluorescence reveals ubiquitination of retained distal cytoplasmic droplets on ejaculated porcine spermatozoa. **J. Androl.** 25(3): 340-347.

Laing, J.A., W.J.B. Morgan, and W.C. Wagner. 1988. **Fertility and Infertility in Veterinary Practice**. 4th ed. Bailliere Tindall. Great Britain at the University Press. London. England.

Levis, D. G. 2004. What's New with Seasonal Infertility? **Available Source:** http://porkinfo.osu.edu/Word%20Documents/, September 9, 2009.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lewis, A. J., P. S. Miller, and C. K. Wolverton. 1995. Bioavailability of iron in iron methionine for weanling pigs. **J. Anim. Sci**. 73 (Suppl. 1): 172 (Abstr.).

Liao, C.W., S.C. Chyr, and T.F. Shen. 1985. **The effect of dietary zinc content on reproductive performance of the boars**. In: Proc. of the Third EAAP Animal Science Congress, Seoul, Korea Republic, 2: 613-615.

Mahan, D. C. and Y. Y. Kim. 1996. Effect of inorganic or organic selenium at two dietary levels on reproductive performance and tissue selenium concentrations in first-parity gilts and their progeny. **J. Anim. Sci**. 74: 2711-2718.

Marie, V.K. 1969. **Food Nutrition and Diet Therpy**. W.B. Sauder Company, London. 203 p.

Marin-Guzman, J., D. C. Mahan, Y. K. Chung, J. L. Pate and W. F. Pope. 1997. Effects of dietary selenium and vitamin E on oar performance and tissue responses, semen quality, and subsequent fertilization rates in mature gilts. **J. Anim. Sci**. 75: 2994-3003.

McIntosh, B. **Pig semen collection and processing**. DPI note. [serial online] June 1998. [cited 2000 April 2] Avialable from : URL: http://www2 .dpi.qld.gov.au/dpinotes/animals/pigs/reproduce/p98132.html.

Miller, S.M. 1990. Protecting mineral but not too much. **Pig Progress**. 16: 28-30.

Mooney, W.K. and G.L. Cromwell. 1995. Effect of dietary chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. **J. Anim. Sci**. 75(10): 2661-2671.

Mullis, L.A., J.W. Spears, and R.L. McCraw. 2003. Effects of breed (Angus vs Simmental) and copper and zinc source on mineral status of steers fed high dietary iron. **J. Anim Sci.** 81: 318-322.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Murase, T., N. Imaeda, H. Yamada and K. Miyazawa. 2007. Seasonal Changes in Semen Characteristics, Composition of Seminal Plasma and Frequency of Acrosome Reaction Induced by Calcium and Calcium Ionophore A23187 in Large White Boars. **J. Reprod. Dev.** 53: 853-865.

Naing, S.W., A.W. Haron, M.A.K. Goriman, R. Yusoff, M.Z.A. Bakar, K. Sarsaifi, M.M. Bukar, M. Thein, T. Kyaw and M.M. San. 2011. Effect of seminal plasma removal, washing solutions, and centrifugation regimes on Boer goat semen cryopreservation. **J. Trop. Agric. Sci**. 34: 271-279.

NRC. 1988. **Nutrient Requirements of Swine**. 9th ed., National Academy Press, Washington, D.C.

_____. 1998. **Nutrient Requirements of swine**. 10th ed., National Academy press., Washington, D.C.

Pond, W.G., D.C. Church and K.R. Pond. 1995. **Basic Animal Nutrition and Feeding**. 4th ed., John Wiley and Sons. Inc., New York.

Rozeboom, K.J. **Evaluating boar semen quality**. Animal Science Facts. [Serial online] 1 June 2000 [cited 2000 April 2] Avalable form : URL :http://mark.asci.nesu.edu./Publications/factsheets/812s.htm

Saacke, R.G. 1982. Semen quality in relation to sperm preservation. **J. Dairy Sci**. 66(11): 2635-2644.

Salisbery, G. W., N. L. Van Demark and J. R. Lodge. 1978. **Physiology of Reproduction and Artificial Insemination of cattle**. 2nd ed., W.H. Freeman and Co., San Francisco. 789 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1971. **Nutrition of the Chicken**. M.L. Scott & Associates Publishers, New York. 511 p.

_____, _____ and _____. 1982. **Nutrition of the Chicken**. Humphrey Press INC., Ithaca, New York. 562 p.

Senger, P.L. 1999. **Pathway to pregnancy and parturition**. 1st ed. Current Conception, Inc., Washington.

Singleton, W. 1997. Purdue University. Available Source: http:// ianrpubs. unl. edu / beef/g666.html. Apirl 24, 2006.

Sorensen, A.M. 1979. **Animal Reproduction**. McGraw-Hill, Inc. USA.

Steel, N.C., T.G. Althen and L.T. Frobish. 1977. Biological activity of glucose tolerance factor in swine. **J. Anim. Sci**. 45(6): 1341-1345.

Stone, B. A. 1982. Heat induced infertility of boars: the inter-relationship between depressed sperm output and fertility and an estimation of the critical air temperature above which sperm output is impaired. **Anim. Reprod. Sci**. 4: 283-299.

Swierstra, E.E. 1973. Influence of breed, age, and ejaculation frequency on boar semen composition. **Can. J. Anim. Sci**. 53(1-4): 43-53.

_____ and G.W. Dyck. 1976. Influence of the boar and ejaculation frequency on pregnancy rate and embryonic survival in swine. **J. Anim. Sci**. 42(2): 455-460.

Sun, Q.A., Y. Wu and F. Zappacosta. 1999. Redox regulation of cell signaling by selenocysteine in mammalian thioredoxin reductase. **J. Biol. Chem.** 274: 24522-24530.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suria , P.F., N. Fujihara, B.K. Speaks, J.P. Brillard, G.J. Wishart and N.H.C. Sparks. 2001. Polyunsaturated fatty acid, lipid peroxidation and anti oxidant protection in avian semen. Asian-Aust. **J. Anim.Sci.** 14: 1024–1050.

Tangbanluekal, L. 1992. Free radicals and protection mechanisms against reactive radicals cattack. **Thai J. Toxicology** 8: 1-8.

Trudeau, V. and L.M. Sanford. 1986. Effect of season and social environment on testis size and semen quality of the adult landrace boar. **J. Anim. Sci**. 63(3-4): 1211–1219.

Vandergrift. B. 1994. **Bioplexes trace mineral proteinate.** Alltech, Inc., New York. 331 p.

Veum, T.L. M.S. Carlson, C.W. Wu, D.W. Bollinger, and M.R. Ellersieck. 2004. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **J. Anim Sci.** 82: 1062-1070.

Watson, E.D., E. Nikolokopoulos, C. Gilbert and J. Goode. 1999. Oxytocin in the semen and gonads of the stallion. **Theriogenology**. 51: 855-865.

Wettermann, R.P., M.E. Wells and R.K. Johnson. 1979. Reproductive characteristics of boars during and after exposure to increased ambient temperature. **J. Anim. Sci**. 49(6): 1501–1505.

_____, _____, I.T. Omtvedt, C.E. Pope and E.J. Turman. 1976. Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars. **J. Anim Sci**. 42(3): 664–669.

Xie, W., P. Xu and Q. Liu. 2001. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. **Bioorganic and Medical Chemistry Letters**, 11: 1699–1701.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yong, L. G., J. H. Lumaden, A. Lun, J. Claxton, and D. Edemeades. 1976. Influence of dietart levels of vitamin E and selenium on tissue and blood parameters in pigs. **Can. J. Comp**. **Med**. 40: 92.

Zhou, W., E.T. Kornegay, H.van Larr, J.W.G.M. Swinkels, E.A. Wong, and M.D. Lindemann. 1994. The role of feed consumption and feed efficiency in copper–stimulated growth. **J. Anim. Sci.** 72: 2385 – 2394.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบการสืบพันธุ์ของสุกร

ระบบสืบพันธุ์สุกรเพศผู้

ระบบสืบพันธุ์เพศผู้ประกอบด้วย อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ ซึ่งได้แก่ ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum) อัณฑะ (testis) ท่อเก็บอสุจิ (epididymis) ท่อนำน้ำเชื้อ (vas deferens) ต่อมน้ำกาม (accessory glands) อวัยวะเพศผู้หรือลึงค์ (penis) และ หนังหุ้มลึงค์ (prepuce) (ศรีสุวรรณ, 2542)

1. ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum)

มีหน้าที่ห่อหุ้มอัณฑะและควบคุมอุณหภูมิของอัณฑะให้เหมาะสมตลอดเวลา ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกาย 2-5 เซลเซียส โดยทำงานร่วมกับสายโยงอัณฑะ (spermatic cord) ดึงลูกอัณฑะและหย่อยยานลูกอัณฑะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ถุงหุ้มอัณฑะประกอบด้วย กล้ามเนื้อเรียบ 2 ชั้น คือ ทูนิกา ดาร์โตส (tumica dartos) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อเรียบบุอยู่ตามผิวของอัณฑะ และครีมาสเตอร์ (cremaster) ซึ่งอยู่รอบ ๆ สายโยงลูกอัณฑะ การถ่ายเทอุณหภูมิทำได้โดย เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงจะมีการระเหยของต่อมเหงื่อและต่อมน้ำมันบริเวณผิวของถุงหุ้มอัณฑะเพื่อลดอุณหภูมิของลูกอัณฑะ และเมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำจะมีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิภานในระบบหมุนเวียนของเลือดที่มาเลี้ยงลูกอัณฑะ

2. อัณฑะ (testis)

พบเมื่อตัวอ่อนในท้องอายุประมาณ 100 วัน มีจำนวน 1 คู่ อยู่ภายนอกร่างกายและอยู่ภายในถุงหุ้มอัณฑะ มีลักษณะเป็นรูปกลมรี อัณฑะ ทำหน้าที่ ผลิตอสุจิ (sperm) และผลิตฮอร์โมนเพศผู้ (testosterone หรือ androgen) ภายในลูกอัณฑะมีท่อขดฝอย เรียกว่า เซมินิเฟอรัส ทูบูส์ (seminiferous tubules) ภายในท่อนี้บุด้วยเจิมเซลล์หรือเจิมมินอลอีพิทิเลียม (germ cells หรือ germinal epithelium) ซึ่งต่อมาจะพัฒนาเป็นตัวอสุจิ ภายนอกท่อนี้มีเซลล์ชื่อเลดิกเซลล์ (leydig cells) หรืออินเตอร์สติเชียล เซลล์ (interstitial cells) ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเพศผู้ส่งออกไปตามกระแสเลือดกระจายไปทั่วร่างกาย ฮอร์โมนนี้จะมีอยู่มากในระยะที่สุกรตัวผู้อยู่ในระยะเป็นหนุ่มหรือระยะที่สืบพันธุ์ได้ ทำให้สุกรแสดงความเป็นเพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ท่อเก็บอสุจิ (epididymis)

ท่อเก็บอสุจิยาวมากกว่า 34 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head หรือ caput epididymis) ส่วนตัว (body หรือ corpus epididymis) และส่วนหาง (tail หรือ cauda epididymis) เป็นท่อที่ทำหน้าที่ส่งผ่านและเก็บตัวอสุจิจนกว่าจะเจริญเติบโตเป็นตัวอสุจิทีสมบูรณ์ ดูดซึมสารเหลวต่าง ๆ ที่ปะปนมากับตัวอสุจิทำให้เพิ่มความหนาแน่นในการเก็บตัวอสุจิ สร้างสารเหลวในการเก็บรักษาตัวอสุจิก่อนที่จะถูกฉีดเข้าอวัยวะเพศเมีย การลำเลียงอสุจิในสุกรทีสมบูรณ์พันธุ์แล้วใช้เวลาประมาณ 9-14 วัน

4. ท่อนำน้ำเชื้อ (vas deferens หรือ ductous deferens)

ทำหน้าที่เป็นทางเดินของน้ำเชื้อ (semen) ไปยังบริเวณท่อปัสสาวะในขณะฉีดน้ำเชื้อออกจากร่างกาย (ejaculation) ตอนบนของท่อนำน้ำเชื้อติดกับสเปอร์มาติค คอร์ด (spermatic cord) ซึ่งเป็นเยื่อเหนียวห่อหุ้มเส้นประสาท หลอดเลือดและหลอดน้ำเหลือง มาจากบริเวณอุ้งเชิงกรานผ่านทางช่องท้องทางช่องบริเวณขาหนีบ(inguinal canal) ส่งไปยังลูกอัณฑะ มีอยู่ 2 เส้น ข้างละเส้น ท่อนำน้ำอสุจิจะขนานกับท่อนำปัสสาวะ ซึ่งออกมาจากไตขนานไปตามแนวกระดูกสันหลัง

5. ต่อมน้ำกาม (accessory glands)

เป็นต่อมที่สร้างของเหลว เกาะอยู่ข้างท่อปัสสาวะ มีหน้าที่ หล่อเลี้ยงอสุจิและหล่อลื่น โดยของเหลวนี้จะถูกปล่อยออกมาขณะผสมพันธุ์ ต่อมน้ำกามมีอยู่ 3 ต่อมได้แก่

5.1 ต่อมเซมินอล เวสซิคอล (seminal vesicle) มี 2 ต่อมอยู่ในอุ้งเชิงกราน ติดกับส่วนหลังของกระเพาะปัสสาวะ ขนาดยาว 14-15 เซนติเมตร กว้าง 5-6 เซนติเมตร หนา 4 เซนติเมตร ทำหน้าที่ผลิตของเหลวออกมาประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำกาม ประกอบด้วย น้ำฟรุคโตส และซอบิทอล ตัวอสุจิจะใช้เป็นแหล่งพลังงาน แต่ในสุกรจะมีอยู่ในปริมาณต่ำ ยังมีโปรตีน โปแตสเซียม กรดซิตริค และน้ำย่อยอยู่อีกหลายชนิด

5.2 ต่อมลูกหมากหรือพรอสเตต (prostate gland) เป็นต่อมเดี่ยวอยู่ติดกับบริเวณกระเพาะปัสสาวะล้อมรอบท่อปัสสาวะตอนต้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำหน้าที่ผลิตน้ำล้างท่อปัสสาวะ ประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โซเดียม โคลีน แคลเซียม และแมกนีเซียม นอกจากนี้ยังผลิตสารละลายป้องกันตัวอสุจิจากการถูกจับให้เป็นปึก เวลาเข้าไปในช่องคลอดของตัวเมีย

5.3 ต่อมคาวเปอร์ (cowper's gland หรือ bulbo urethral gland) เป็นต่อมที่มีขนาดใหญ่มี 2 ต่อมอยู่ติดสองข้างของท่อนำน้ำเชื้อ มีขนาดยาว 12 เซนติเมตร กว้าง 2.5-4 เซนติเมตร ทำหน้าที่ผลิตของเหลวส่งเข้าสู่ท่อปัสสาวะ ของเหลวที่ผลิตในท่อนี้จะมีสมบัติเป็นด่าง เพื่อทำให้น้ำอสุจิเป็นกลาง หรือผลิตออกมาเพื่อล้างทำความสะอาดท่อปัสสาวะก่อนน้ำอสุจิจะไหลผ่านของเหลวนี้ มีลักษณะเป็นวุ้น สำหรับอุดคอมดลูกของตัวเมีย ป้องกันไม่ให้ น้ำเชื้อที่ตัวผู้ปล่อยเข้าไปในมดลูกไหลกลับออกมาภายนอกอีก

6. อวัยวะเพศผู้หรือลึงค์ (penis)

ทำหน้าที่ปล่อยน้ำอสุจิเข้าสู่อวัยวะสืบพันธุ์ของสุกรเพศเมีย และนำปัสสาวะออกนอกร่างกาย ตามปกติแล้วอวัยวะเพศผู้สุกรเมื่อยืดตัวเต็มที่ยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร ตอนปลายของอวัยวะเพศจะมีลักษณะเป็นเกลียวบิดไปทางซ้าย ลักษณะคล้ายดอกสว่านยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพื่อจะเข้าไปล็อคได้พอดีกับคอมดลูก แต่ในระยะที่ไม่แข็งตัวอวัยวะเพศจะหดตัวมีลักษณะเป็นรูปโค้งงอคล้ายตัวเอส (sigmoid flexure) ถูกดึงเข้าไปเก็บไว้ในร่างกายโดยกล้ามเนื้อที่เรียกว่า รีแทคเตอร์เพนนิสมัสซิล (retactor pennies muscles)

7. หนังหุ้มลึงค์ (prepuce)

มีหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับปลายลึงค์ขณะที่ไม่มีการแข็งตัว หนังหุ้มลึงค์ของสุกรจะมีลักษณะที่แตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น ๆ กล่าวคือที่ผนังด้านบนของถุงหุ้มลึงค์ห่างจากช่องเปิดของถุงหุ้มลึงค์ประมาณ 1 เซนติเมตร จะมีแอ่ง (preputial diverticulum) อยู่ ซึ่งแอ่งนี้จะเป็นแหล่งสะสมปัสสาวะ เซลล์ที่ตายแล้ว ประกอบกับมีต่อมไขมันอยู่ในถุงเป็นจำนวนมาก และมีแบคทีเรียหมักหมมอยู่ทำให้เกิดน้ำข้นสีออกเหลือง ๆ ส่งกลิ่นเหม็นมาก ซึ่งเรียกว่าสเมคมา พรีพูติไอ (smegma preputii) หรือกลิ่นพ่อสุกร (boar-like smell) ซึ่งเราจัดว่าเป็นฮอร์โมนเพศผู้ (pheromone)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบสืบพันธุ์สุกรเพศเมีย

ระบบสืบพันธุ์เพศเมียประกอบด้วย อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย ซึ่งได้แก่ รังไข่(Ovary) ท่อนำไข่ (Oviduct) ตัวมดลูก (Body uterus) ปากมดลูก (Cervix) ช่องคลอด (Vagina) และ ปากช่องคลอด (Valva) (ศรีสุวรรณ, 2542)

1. รังไข่ (Ovary)

รังไข่ของสุกรมีอยู่ 1 คู่ ตั้งอยู่ตอนปลายสุดของท่อนำไข่ด้านซ้ายและด้านขวาต่อกับท่อนำไข่ภายในช่องท้อง รังไข่มีลักษณะคล้ายพวงองุ่น ซึ่งมีถุงหุ้มไข่หุ้มอยู่และมีผนังยึดอยู่ระหว่างรังไข่และมดลูก รังไข่ทำหน้าที่ในการผลิตไข่เพื่อผสมกับอสุจิและเกิดลูกต่อไป ในสุกรการตกไข่ครั้งหนึ่งจะมีการตกไข่หลายใบ ประมาณ 10-25 ใบ ดังนั้นการอุ้มท้องของสุกรครั้งหนึ่งๆ จึงให้ลูกทีละหลายๆตัว หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของรังไข่คือ ผลิตฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) และฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (progesterone)

2. ท่อนำไข่ (Oviduct)

เริ่มตั้งแต่ปลายสุดของปีกมดลูก โดยส่วนปลายสุดของท่อนำไข่จะมีลักษณะเป็นปากแตร(Infundibulum) มีหน้าที่รองรับไข่ที่ตกลงมาจากรังไข่ และช่วยในการเคลื่อนที่ของไข่และอสุจินอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่ไข่และอสุจิมีการปฏิสนธิกัน ท่อนำไข่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของปากแตร เซลล์ลักษณะนี้จะมีลักษณะคล้ายขน (ciliated) ส่วนที่ 2 คือ ส่วน Ampulla ส่วนนี้จะยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวท่อนำไข่ ส่วนที่ 3 คือ ส่วน Isthmus จะมีขนาดที่เล็กกว่า Ampulla ส่วนต่อของ Ampulla กับ Isthmus เรียกว่า Ampullary- Isthmic Junction เป็นบริเวณที่ไข่และอสุจิมีการปฏิสนธิกัน หลังจากนั้นตัวอ่อนที่เกิดการปฏิสนธิจะมีการเคลื่อนที่ไปฝังตัวที่ปีกมดลูกต่อไป

3. มดลูก (Uterus)

มดลูกของสุกรจะยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร ส่วนในแม่สุกรที่มีลูกแล้วหลายครอกอาจยาวถึง 40-140 เซนติเมตร มดลูกของสุกรมีลักษณะเป็นไบคอนูเอท (Bicornuate type) กล่าวคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวมดลูกจะมีลักษณะสั้น และปีกมดลูกทั้ง 2 ข้าง จะมีลักษณะยาวและมีลักษณะขดไปมา มดลูกของสุกรแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือ ปีกมดลูกมีอยู่ 2 ข้าง ปลายข้างหนึ่งต่อกับท่อนำไข่อีกข้างหนึ่งต่อกับตัวมดลูกหลังจากไข่ที่ได้รับการผสมจากตัวอสุจิแล้ว จะเคลื่อนตัวลงมายังปีกมดลูก และทำการฝังตัวที่มดลูกนี้ ดังนั้นมดลูกของสุกรจึงมีความยาวมากเพราะสุกรเป็นสัตว์ที่ให้ลูกหลายตัว ส่วนที่ 2 คือ ตัวมดลูก จะมีลักษณะแข็ง ขนาดเล็กและสั้นเพียง 5 เซนติเมตร ในสุกรไม่ค่อยมีบทบาทอะไรมากนัก มีหน้าที่เป็นทางเข้าออกของอสุจิ และทางผ่านออกของลูกสุกรขณะคลอด ส่วนที่ 3 คือ คอมดลูก จะอยู่ระหว่างตัวมดลูกกับช่องคลอดมีผนังหนาภายในมีโพรงแคบ ภายในจะมีก้อนเนื้อนูนๆ ยื่นออกมามีลักษณะเป็นช่องเกลียวมีหน้าที่การรัดอวัยวะเพศผู้ เมื่อมีการผสมจริงหรือผสมเทียมเพื่อให้พ่อสุกรเกิดการหลั่งน้ำเชื้อ

4. ช่องคลอด (Vagina)

ช่องคลอดจะอยู่ถัดออกมาจากคอมดลูกออกมาด้านนอกมีขนาดยาวประมาณ 6-8 นิ้ว มีหน้าที่ในการรองรับอวัยวะเพศผู้ขณะผสมพันธุ์ และเป็นทางผ่านออกของลูกและรกเมื่อคลอด

5. อวัยวะเพศภายนอก (Vulva)

อวัยวะเพศภายนอกประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นทางเข้า (Vestibute) และแคม (Labia) ส่วนที่เป็นทางเข้าจะติดกับช่องคลอดที่บริเวณรูปิดของท่อปัสสาวะ บริเวณนี้ยังเป็นที่อยู่ของเยื่อพรหมจารี (Hymen) แต่ในสุกรส่วนใหญ่จะไม่เห็นมากนัก หน้าที่ของอวัยวะเพศภายนอกคือ เป็นทางผ่านเข้าออกของอวัยวะเพศผู้แรกสุด นอกจากนี้ยังเป็นทางผ่านเข้าออกของลูกสุกร และรกเมื่อคลอดตลอดจนน้ำปัสสาวะ ในระยะที่สุกรเป็นสัดเซลล์ของปากช่องคลอดจะมีการขยายตัวมากขึ้น มีลักษณะการบวมน้ำ เป็นต้น

ฮอร์โมนที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์

ฮอร์โมน คือ สารชีวเคมีที่ผลิตจากเซลล์ในต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) และถูกปล่อยไปตามกระแสเลือดสู่เซลล์เป้าหมาย (target cell) ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์ ซึ่งมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องทั้งทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการสร้างฮอร์โมนและทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน (บุญชัย, ม.ป.ป.) ซึ่งได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. สมองส่วนกลาง (brain center) ทำหน้าที่ เป็นตัวรับส่งความรู้สึกจากการกระตุ้นของสภาพแวดล้อมไปยังสมองส่วนไฮโปทาลามัส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

2. ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) อยู่ระหว่างสมองส่วนบนและต่อมใต้สมอง ทำหน้าที่กระตุ้นต่อมใต้สมองให้หลั่งฮอร์โมนออกมา ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมนี้ คือ ฮอร์โมนรีลิสซิง (releasing hormone, RH) ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ ฟอลลิเคิล สติมูเลติง รีลิสซิงฮอร์โมน และ ลูติไนซิง รีลิสซิงฮอร์โมน (follicle stimulating releasing hormone, FSH-RH และ luteinizing releasing hormone, LH-RH) ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้รวมกันเรียกว่าโกนาโดโทรปิน รีลิสซิง ฮอร์โมน (gonadotrophin releasing hormone, Gn-RH) ฮอร์โมนนี้ถูกนำไปยังต่อมใต้สมอง

3. ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

3.1 ต่อมใต้สมองส่วนหน้า สร้างฮอร์โมนที่สำคัญ คือ

- ฟอลลิเคิล สติมูเลติง ฮอร์โมน (follicle stimulating hormone, FSH) หน้าที่กระตุ้นให้ไข่เจริญเติบโตและทำให้ไข่สุกในเพศเมียและกระตุ้นให้เกิดการสร้างตัวอสุจิในเพศผู้

- ลูติไนซิง ฮอร์โมน (lutenizing hormone , LH) หน้าที่ กระตุ้นให้เกิดการตกไข่และสร้างคอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum, CL) เพื่อทำหน้าที่หลั่งฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เพื่อควบคุมการอุ้มท้อง

- โปรแลคติน หรือ ลูทิโอโทรปิค (prolactin or luteotropic hormone, LTH) ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการหลั่งน้ำนมและแสดงความเป็นแม่

3.2 ต่อมใต้สมองส่วนหลัง สร้างฮอร์โมนที่สำคัญคือ

- ออกซิโตซิน (oxytocin) ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการหลั่งน้ำนมและการ บีบตัวของมดลูกขณะคลอดและผสมพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- รีแลกซิน (relaxin) ทำหน้าที่กระตุ้นคอมดลูกและกระดูกเชิงกรานขยายออกเพื่อเตรียมการคลอด

4. อวัยวะสืบพันธุ์ ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ ได้แก่

4.1 อัณฑะ ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนหรือแอนโดรเจน ซึ่งทำให้สัตว์แสดงลักษณะเพศผู้

4.2 รังไข่ ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน 2 ชนิด ได้แก่

- เอสโตรเจน สร้างจากกระเปาะไข่ ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโต ของระบบสืบพันธุ์เพศเมียและแสดงอาการเป็นสัด หรืออาจเรียกว่าเป็นฮอร์โมนเพศเมีย

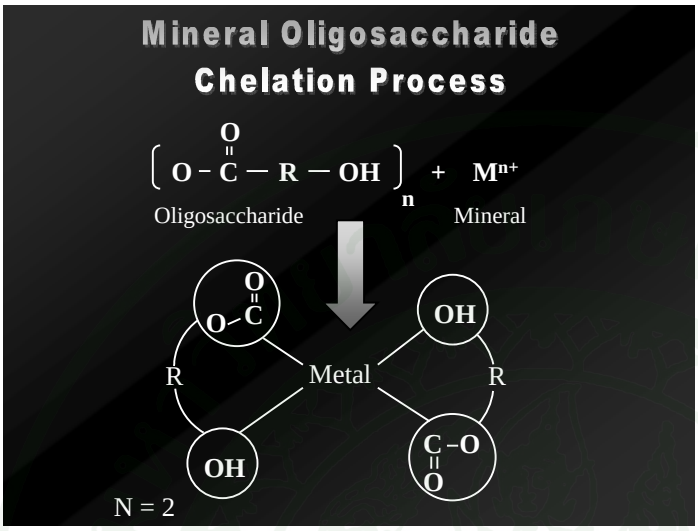
- โปรเจนเตอโรน สร้างจากคอร์ปัสลูเทียม ทำหน้าที่ รักษาสภาพการ ตั้งท้องของสุกรให้เป็นไปตามปกติและยับยั้งการผลิต FSH ทำให้กระเปาะไข่หยุดการเจริญ

4.3 รก (placenta) ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนโปรเจนเตอโรน เอสโตรเจน รวมทั้ง โคริโอนิคโกนาโดโทรปิน (chorionic gonadotrophin)

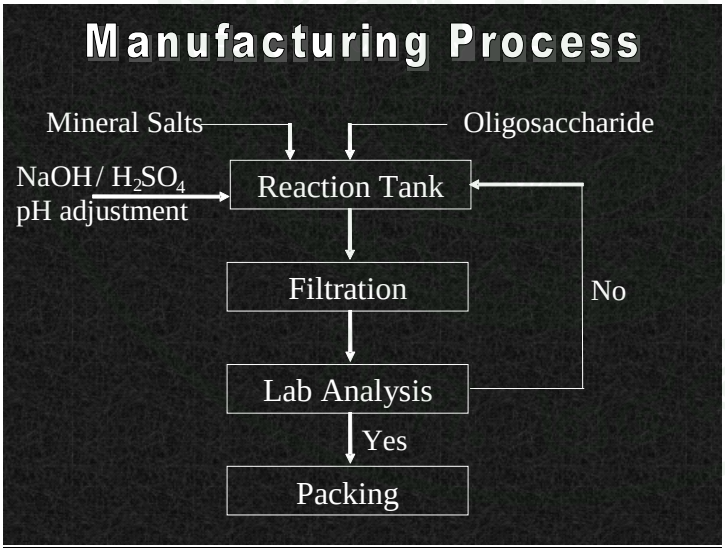
4.4 มดลูก สร้างฮอร์โมนโพรสตาแกลนดินเอฟ 2 แอลฟา (prostaglandin F2α) ซึ่งทำให้ คอร์ปัส ลูเทียม สลายตัวเมื่อไข่ไม่ได้รับการผสม ทำให้ไข่ที่ตกฝ่อและสลายตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC)



ภาพผนวกที่ 1 กระบวนการเกิดคีเลท



ภาพผนวกที่ 2 กระบวนการผลิตคีเลท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 องค์ประกอบของ Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC)

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
Calcium Chelate	0.500
Magnesium Chelate	0.500
Potassium Chelate	0.450
Iron Chelate	0.800
Zinc Chelate	0.250
Manganese Chelate	0.300
Copper Chelate	0.100
Chromium Chelate	0.040
Cobalt Chelate	0.001
Selenium Chelate	0.200
Chitooligosaccharide	0.600
Amino Acid	18.00

การทดสอบค่าอสุจิมีชีวิตด้วยสีอีโอซิน-นิโกรซิน (eosin-nigrosin) ตามวิธีของ ศรีสุวรรณ (2542)

สีอีโอซิน (eosin) เป็นสีที่ไม่สามารถถูกดูดซึมเข้าไปในตัวอสุจิที่มีชีวิตได้ แต่จะสามารถผ่านเข้าไปในตัวอสุจิที่ตายแล้ว ดังนั้น สีย้อมเพื่อดูตัวเป็นตัวตายทุกสูตรจึงต้องมีสีอีโอซินเป็นส่วนผสม ส่วนสีอื่นๆ เช่น นิโกรซิน (nigrosin) หรืออะนาไลน์ (analine) จะใช้เป็นสีพื้น เพื่อทำให้หัวของตัวอสุจิมองเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การย้อมสีตัวอสุจิด้วยอีโอซิน-นิโกรซินยังสามารถใช้สำหรับการตรวจความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิได้เช่นกัน

การเตรียมสีอีโอซิน-นิโกรซิน

-	สีอีโอซิน	1	กรัม
-	สีนิโกรซิน	5	กรัม
-	โซเดียมซิเตรท	3	กรัม
-	น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ค่าโภชนะของอาหารควบคุม

ปริมาณโภชนะ	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	≥ 12
ความชื้น	≤ 12
ไขมัน	≥ 3
เยื่อใย	≤ 10
แคลเซียม	0.7-1.5
ฟอสฟอรัส	0.5-1.2
เกลือ (NaCl)	0.4-1.0

ตารางผนวกที่ 3 สูตรสารละลายน้ำเชื้อ NSRTC 4

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
กลูโคส	30.0
อีดีทีเอ	3.7
ซิตริค แอซิค	3.0
ทรีส (ไฮดรอกซีเมทธีล) อมิโนมีเทน	5.0
ไตรโซเดียมซิเตรตไดไฮเดรท	4.4
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.2
โปแตสเซียมคลอไรด์	0.3
นีโอมัยซินซัลเฟต	1.0
เติมน้ำกลั่นให้ครบ	1,000 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของช่วงระยะเวลาที่พ่อสุกรได้รับการเสริม Multimineral Chito Amino Acid Organic Chelate (MAC) ต่อคุณภาพน้ำเชื้อของพ่อสุกร

ลักษณะ	ก่อนทำการทดลอง			30 วัน			60 วัน			90 วัน		
	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
ปริมาตรของน้ำเชื้อที่หลั่งต่อครั้ง (มิลลิลิตร)	344.00	351.00	348.00	317.44	359.83	336.13	294.55	357.60	357.75	304.20	375.58	339.90
สีของน้ำเชื้อ (0-3)	-	-	-	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.90	3.00	3.00	3.00
ความเป็นกรด-ด่าง	-	-	-	7.01	6.99	7.00	7.05	6.98	6.96	7.05	6.97	7.00
ความเข้มข้นของตัวอสุจิ(x10^6 ตัว/มิลลิลิตร)	395.00	409.00	391.00	385.78	394.59	434.64	396.88	413.14	448..9	429.38	468.21	488.26
จำนวนตัวอสุจิทั้งหมดในน้ำเชื้อ(x10^9 ตัว/ครั้ง)	135.80	141.90	136.2	121.78	135.39	146.47	116.60	144.30	162.43	130.28	173.42	166.49
Motile sperm (%)	-	-	-	90.04	93.19	94.24	91.26	90.01	93.32	88.32	90.46	91.66
Live sperm (%)	92.10	91.90	91.60	88.74	91.23	90.85	89.73	89.88	91.98	86.83	87.93	88.73
VCL (µm/sec)	-	-	-	58.67	67.32	64.75	57.85	57.93	60.83	52.46	56.25	54.06
VSL (µm/sec)	-	-	-	28.33	31.68	30.95	28.32	27.88	29.20	25.71	27.95	26.91
VAP (µm/sec)	-	-	-	36.02	40.44	39.42	35.78	35.80	37.28	32.73	35.44	34.02
Progressive movement (%)	-	-	-	57.33	57.61	60.10	59.48	56.31	59.68	57.16	60.29	61.47
Curveline movement (%)	-	-	-	32.69	35.56	34.11	31.78	33.56	33.54	31.17	29.98	29.90
ความผิดปกติส่วนหัว (%)	-	-	-	2.84	2.71	2.81	2.98	2.00	2.23	2.68	2.88	1.60
ความผิดปกติส่วนหาง (%)	-	-	-	3.31	1.54	2.58	2.95	1.54	1.65	2.03	1.85	2.35
Cytoplasmic droplet (%)	-	-	-	4.69	2.25	3.16	4.28	2.35	2.75	3.85	3.00	2.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ–นามสกุล	นายเดชณรงค์ สินพูล
วัน เดือน ปีเกิด	31 พฤษภาคม 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สัตวศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์