จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย

กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์และการทดแทนโคนมในฟาร์มโคนมไทยขนาดใหญ่

โดย

ชัยเดช อินทร์ชัยศรี

กิตติศักดิ์ อัจฉริยะขจร

ปิยะณัฐ ประสมศรี

ธันวาคม ๒๕๕๙

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ และการทดแทนโคนมในฟาร์มโคนมไทยขนาดใหญ่

ชื่อผู้วิจัย ผศ.นสพ.ดร.ชัยเดช อินทร์ชัยศรี รศ.นสพ.ดร.กิตติศักดิ์ อัจฉริยะขจร และ อ.น.สพ.ปิยะณัฐ ประสมศรี

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ สิงหาคม พ.ศ. 2559

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำเข้าข้อมูลโดยทั่วไปของโคนมในเมืองไทยเพื่อให้คำแนะนำที่เหมาะสมกับการทดแทนโคและการผสมพันธุ์โคนมไทย และเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการทดแทนโคและการผสมพันธุ์โคนมไทยในฟาร์มขนาดใหญ่ได้
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสอนและฝึกอบรมนิสิตสัตวแพทย์ สัตวบาล เกษตรกร และผู้ปฏิบัติงานในฟาร์ม ในการตัดสินใจในการทดแทนโคและการผสมพันธุ์โคนมไทย
3. ศึกษาความสัมพันธ์ภายในตัวโคที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดทิ้งและการผสมพันธุ์ในฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ ได้แก่ ความสัมพันธ์ในระดับตัวโคต่อผลผลิตน้ำนมและการผสมติด ความสัมพันธ์ของโคต่อการแท้งหรือต่อการคัดทิ้ง เป็นต้น
4. เพื่อรวบรวมข้อมูลการตลาดของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตนมภายในฟาร์มขนาดใหญ่ เช่น ราคาน้ำนม ราคาโคทดแทน ราคาลูกโค ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหาร ค่าบริการทางสัตวแพทย์ เป็นต้น

<u>บทคัดย่อ</u>

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อทำนายเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มต้นผสมพันธุ์โค และเวลาที่เหมาะในการทดแทนโคเพื่อประสิทธิภาพการผลิตของฟาร์ม โดยใช้โปรแกรม @Risk (Palisade Corporation, Ithaca, NY, USA) บนแผ่นงานของโปรแกรม Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) เทคนิคที่เรียกว่า Monte Carlo stochastic simulation model โดยป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวโคและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ แหล่งของข้อมูลมาจากเอกสารอ้างอิง การเก็บข้อมูลภาคสนาม และความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ใช้ค่า retention pay off (RPO) เป็นผลลัพธ์ที่บ่งชี้เวลาที่เหมาะสมกับการทดแทนโค ผลการวิจัยพบว่าควรจะทำการทดแทนโคโดยทันทีกรณีที่ฟาร์มสามารถจัดหาโคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมที่สูงขึ้น และกรณีที่ดอกเบี้ยต่ำมาก ๆ ให้ยืดระยะเวลาในการทดแทนโคออกไปนานกว่า 3 ปี ในส่วนของระยะเวลาในการเริ่มผสมพันธุ์ของโคที่ระยะต่าง ๆ จาก 5-9 สัปดาห์พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย RPO มาก อย่างไรก็ตามเพื่อความแม่นยำของแบบจำลองควรเลือกใช้ข้อมูลป้อนเข้าที่จำเพาะสำหรับตัวโค หรือจำเพาะสำหรับฟาร์ม

Project Title Economic modeling for the optimal breeding and replacement in large Thai dairy farms

Name of Investigators Chaidate Inchaisri, Kittitsak Ajariyakhajorn, Piyanat Prasomsri

Year August 2016

Abstract

The objective of this study was to develop the economic simulation model which implied to predict the optimal time for the first inseminating and replacing cow to improve production efficiency. Program @Risk (Palisade Corporation, Ithaca, NY, USA) in Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) work sheet was used to produce a model with Monte Carlo stochastic technique. The inputs were cow data and economic data from literatures, survey and authors' expertise. The output is the retention pay off (RPO) which used to determine the optimal time for replacing cow. Our results indicated that cow replacement should be done immediately if farm could provide replacement cow with a better milk production. In case of low bank interest, the replacement could delay more than 3 years. There is no significant difference of RPO between the first inseminating times at 5 – 9 weeks. However the input should collect from a specific farm and a specific cow to produce precise output.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
สารบัญ	iv
ราบการคำย่อ	v
รายการตารางประกอบ	vi
รายการรูปภาพประกอบ	vii
บทนำ	1
วิธีการดำเนินวิจัย	2
ผลการศึกษา	13
วิจารณ์ผลการศึกษา	45
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	50

รายการคำย่อ

ตัวย่อ	ความหมาย
AI	artificial insemination, การผสมเทียม
AIC	alkaike corrected Information criterion, ค่าที่ใช้เลือกตัวแปรในสมการสุดท้าย
BW	body weight, น้ำหนักตัวโค (กก.)
BWpreg	body weight of pregnant cow, น้ำหนักโคเมื่ออุ้มท้อง (กก.)
CP	corrected value for parity, ค่าความคงที่ในการผลิตน้ำนมที่ปรับตามลำดับที่การรีดนม
Cull	culling value, มูลค่าปัจจุบันในการทดแทนด้วยโคท้องแรกที่พร้อมจะให้ผลผลิตระดับเฉลี่ยของฝูง (บาท)
Dcon	conception day ,ระยะเวลาอุ้มท้อง (วัน)
DIM	day in milk, จำนวนวันที่รีดนม (วัน)
DMI	dry matter intake, น้ำหนักอาหารแห้งที่โคกิน (กก./วัน)
ED	estrus detection, การตรวจเช็คสัด
FCM	fat corrected milk, ปริมาณไขมันในน้ำนม (%)
FLV	adjust factors of lactation value, ปัจจัยที่ปรับตามตามปริมาณน้ำนมของโคเมื่อเทียบกับโคตัวอื่นในฝูง
FME	Incidence rate of metritis, อัตราการเกิดมดลูกอักเสบ
FP	adjust factors of parity, ปัจจัยที่ขึ้นกันกับลำดับการรีดนม
INS	Insemination, การผสมพันธุ์
LV	lactation value, ปริมาณน้ำนมเทียบกับโคตัวอื่นในฝูง
Keep	Keeping value, มูลค่าปัจจุบันในการให้โคให้ผลผลิตต่อไป (บาท)
MP	Milk production, ปริมาณน้ำนมที่คาดว่าจะได้รับ (กก.)
MY	milk yield, ปริมาณน้ำนมที่ได้รับ (กก.)
OVU1	the first ovulation time, ระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรก (สัปดาห์)
PCon	conception rate, อัตราการผสมติด
PEst	probability of estrus detection, ความน่าจะเป็นในการตรวจพบการเป็นสัด
POVU	probability of the ovulation after the first ovulation, ความน่าจะเป็นในการตกไข่หลังการตกไข่ครั้งแรก
PTi	week of peak yield, สัปดาห์ที่ให้น้ำนมสูงสุด
RPO	retention pay off, มูลค่ารายได้จากโคปัจจุบันที่เหนือกว่าโคทดแทน (บาท)
VWP	voluntary waiting period, ระยะเวลาที่รอได้ก่อนการผสม (สัปดาห์)

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักโคที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต ลำดับที่ของการรีดนม ระยะรีดนม และระยะการอุ้มท้อง 8

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวโคที่ใช้ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เช่น การผลิตน้ำนม ดัชนีด้านระบบสืบพันธุ์ 10

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลด้านการเงินที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เช่น ราคาน้ำนม ราคาลูกโค ราคาโคสาวทดแทน และ ราคาโคคัดทิ้ง เป็นต้น 12

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ของ univariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน หรือที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการทดแทนโคหลังจากให้ผลผลิตนานมากกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน 24

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ของ univariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน หรือที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการให้ผลผลิตที่นานมากกว่า 3 ปีจากเวลาปัจจุบัน 26

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ของ multivariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค และปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน 26

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ของ multivariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค และปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการให้ผลผลิตที่นานมากกว่า 3 ปีจากเวลาปัจจุบัน 32

รายการรูปภาพประกอบ

รูปที่ 1 แสดงข้อมูลป้อนเข้า (inputs) และ ผลลัพธ์ (outputs) ของแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลองของตัวโคที่กำหนด พันธุ์ ลำดับที่การให้นม และระดับปริมาณน้ำนมที่โคสามารถผลิตได้ โดยแต่ละลำดับการรีดนม โคแต่ละตัวจะมีวงจรการผลิตตามวงจรระบบสืบพันธุ์ โดยให้ข้อมูลป้อนเข้าต่าง ๆ แปรไปตามอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ของตัวโค เมื่อโคมีวงจรชีวิตครบ 1 ลำดับการรีดนม จะทำการสรุปผลลัพธ์ของผลผลิตของโคและคำนวณออกมาเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ 3

รูปที่ 2 แสดงไดอะแกรมของแบบจำลองของวงจรชีวิตในการผลิตน้ำนมและวงจรของระบบสืบพันธุ์ของแม่โคนมตั้งแต่ลำดับการรีดนมที่ 1 ถึง ลำดับการรีดนมที่ n ซึ่งลักษณะวงจรการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลำดับที่การรีดนม พันธุ์ ระยะการรีดนม ลักษณะการคลอดลูก และลักษณะกราฟของผลผลิตน้ำนม เป็นต้น การตัดสินใจผสมพันธุ์หรือไม่ผสมพันธุ์เกิดขึ้นในทุกวงจรระบบสืบพันธุ์ 7

รูปที่ 3 แสดงการทดแทนแม่โคที่เกิดขึ้นได้ที่ระยะต่าง ๆ ตลอดวงจรการผลิตของแม่โคในแต่ละลำดับการคลอด จากการคลอด การผสม การท้อง การพักนม จากลำดับการคลอดที่ 1 จนกระทั่งถึงลำดับการคลอดที่เหมาะสมในทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนแม่โค 9

รูปที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของโคในระยะเวลาที่เหมาะสมต่าง ๆ ในการทดแทนหลังจากการคลอดลูกของลำดับที่การรีดนมของโคปัจจุบันด้วยโคทดแทนสาวอุ้มท้อง 9 เดือนพร้อมคลอด 13

รูปที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของโคลำดับการรีดนมต่าง ๆ ในระยะเวลาที่เหมาะสม ในการทดแทนหลังจากการคลอดลูกของลำดับที่การรีดนมของโคปัจจุบันด้วยโคทดแทนสาวอุ้มท้อง 9 เดือนพร้อมคลอด 14

รูปที่ 6 แสดงมูลค่ารายได้ของโคปัจจุบันเฉลี่ยที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ทำการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์ นับจากเวลาปัจจุบัน 14

รูปที่ 7 แสดงรายได้เหนือรายจ่ายที่จะได้รับของโคต่อสัปดาห์ของโคปัจจุบัน (กราฟเส้นสีน้ำเงิน) ที่ลำดับการรีดนมที่ 2 มีน้ำนมเฉลี่ยของฝูงที่ 305 วันเท่ากับ 5000 กก. เปรียบเทียบกับรายได้จากโคทดแทนที่มีสมรรถภาพการผลิตที่เหมือนกับโคปัจจุบันเริ่มจากสัปดาห์ปัจจุบัน จนกระทั่ง 10 ปี (กราฟเส้นสีแดง) 15

รูปที่ 8 แสดงมูลค่าของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ลำดับการรีดนมที่ 2 ที่มีน้ำนมเฉลี่ยของฝูงที่ 305 วันเท่ากับ 5000 กก. เริ่มจากสัปดาห์ปัจจุบันจนกระทั่ง 3ปีข้างหน้า 15

รูปที่ 9 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ลำดับการรีดนมที่1, 2 และ >2 โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 16

รูปที่ 10 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระดับน้ำนม 305 วันเฉลี่ยที่ 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000 และ 7500 กก.โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 16

รูปที่ 11 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระดับน้ำนมเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำนม 305 วันเฉลี่ยของฟาร์มที่ 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 และ1.2 เท่าโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 17

รูปที่ 12 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีเวลาที่ให้ปริมาณน้ำนมสูงสุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8, 9 และ 10 สัปดาห์หลังคลอด โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 17

รูปที่ 13 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราการปรับปรุงพันธุ์ด้านปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น 0, 1, 2, และ 3 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 18

รูปที่ 14 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) เปรียบเทียบกับโคที่ไม่ท้อง โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 19

รูปที่ 15 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ตั้งท้องที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 สัปดาห์หลังคลอดเปรียบเทียบกับโคที่ไม่ท้องโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 20

รูปที่ 17 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราการผสมติด (conception rate) ที่ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 65 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 21

รูปที่ 18 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราจับสัด (estrous detection rate) ที่ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, และ 65 %โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 21

รูปที่ 19 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระยะเวลาในการอุ้มท้องนาน38, 39, 40, 41 และ 42 สัปดาห์โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 22

รูปที่ 20 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีรายรับจากการขายน้ำนมดิบที่ราคา 17, 18, 19, 20 และ 21 บาทต่อกก. โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 22

รูปที่ 21 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีราคาการซื้อโคทดแทนพร้อมคลอดที่ราคา 40,000, 45,000, 50,000, 55,000 และ 60,000 บาทต่อตัวโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 23

รูปที่ 22 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีราคาอาหารโครีดนมที่ 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5, 13, 13.5, 14, 14.5 และ 15 บาทต่อกก. น้ำหนักวัตถุแห้งโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 23

รูปที่ 23 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มขณะที่อัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน 24

รูปที่ 24 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันทีในกรณีที่โคมีลำดับการรีดนมต่าง ๆ โดย a, b, และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 29

รูปที่ 25 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคมีปริมาณน้ำนมเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงในระดับต่าง ๆ โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 30

รูปที่ 26 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุดที่เวลาหลังคลอดต่าง ๆ กัน โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 30

รูปที่ 27 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคมีอัตราการจับสัดในระดับต่าง ๆ โดย a, b และ cแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 31

รูปที่ 28 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคอัตราการผสมติดในระดับต่าง ๆ โดย a และ b แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 31

รูปที่ 29 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่ฟาร์มเลือกที่จะเพิ่มระดับความสามารถในทางพันธุกรรมในการทดแทนโคนมที่มีปริมาณน้ำนมสูงขึ้นที่ระดับต่าง ๆ กัน โดย a, b, c, และdแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 32

รูปที่ 30 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่ในสภาวะที่อัตราดอกเบี้ยที่แตกต่างกันในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e และ f แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 32

รูปที่ 31 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคมีลำดับการรีดนมต่าง ๆ โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 38

รูปที่ 32 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคสมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ eแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 39

รูปที่ 33 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคอัตราการเป็นสัดในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e และ f แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 39

รูปที่ 34 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่โคอัตราการผสมติดในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ e แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 40

รูปที่ 35 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่โคที่มีระยะเวลาในการอุ้มท้องในระยะเวลาต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ e แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 40

รูปที่ 36 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคหลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่ฟาร์มเลือกที่จะเพิ่มระดับความสามารถในทางพันธุกรรมในการทดแทนโคนมที่มีปริมาณน้ำนมสูงขึ้นที่ระดับต่าง ๆ กัน โดย a, b, c และ d แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ 41

รูปที่ 37 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาน้ำนมในระดับต่าง ๆ 41

รูปที่ 38 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาโคสาวอุ้มท้องทดแทนในราคาระดับต่าง ๆ 42

รูปที่ 39 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาโคคัดทิ้งในราคาระดับต่าง ๆ 42

รูปที่ 40 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาอาหารโครีดนมในราคาระดับต่าง ๆ 43

รูปที่ 41 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการผสมเทียมในระดับต่าง ๆ 43

รูปที่ 42 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าว หลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่อัตราดอกเบี้ยในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e, f, g, h, I และ j แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 44

บทนำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนมนั้นเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่างเพื่อให้การผลิตได้กำไรมากที่สุดทั้งจากปัจจัยตัวโค เช่น ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้ การผสมติดในโค อัตราการป่วย และการคัดทิ้ง เป็นต้น และขึ้นกับปัจจัยด้านการตลาด เช่น ราคาน้ำนมดิบ ราคาโคสาวทดแทน ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหาร และค่าใช้จ่ายในการรักษาโค อัตราดอกเบี้ย เป็นต้น นอกจากนี้ฤดูกาลก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อทั้งความสามารถของตัวโคในการผลิตน้ำนม การผสมติด และราคาการตลาดต่าง ๆ ในปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยมีการตัดสินใจในการจัดการเวลาเริ่มต้นหรือหยุดการผสมพันธุ์โคและทำการทดแทนโคที่ยังขาดความเข้าใจและไม่ได้คำนึงผลตอบแทนที่อาจจะเสียไป หรือไม่ได้คำนึงถึงผลตอบแทนที่ควรจะได้รับมากที่สุดถ้ามีการตัดสินใจดังกล่าวที่เหมาะสม เนื่องจากการตัดสินใจการทดแทนโคเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยที่ซับซ้อนดังเช่นปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ระยะเวลาวงจรชีวิตในการผลิตของโคนั้นยาวนาน การตัดสินใจโดยประสบการณ์หรือไม่อ้างอิงกับข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นจริงจะทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเป็นอย่างมาก ซึ่งจะนำมาซึ่งการสูญเสียทางเศรษฐกิจโดยไม่จำเป็น การสร้างแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ที่สามารถจัดการกับความซับซ้อนดังกล่าว สามารถจะป้อนข้อมูลที่เป็นไปได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ และทำนายผลตอบแทนที่จะเกิดขึ้นกับโคตัวนั้น ๆ ภายในฟาร์มเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมให้ผลตอบแทนคุ้มค่ามากที่สุดในการเลือกเวลาที่เริ่มผสมพันธุ์ เวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคด้วยโคตัวใหม่ หรือการตัดสินใจเลือกเก็บโคตัวนั้นเพื่อให้ผลผลิตต่อไปและค่อยทำการทดแทนโคตัวนั้นในอนาคต ดัชนีชี้วัดที่สำคัญทางเศรษฐศาสตร์ที่สามารถบ่งชี้เวลาที่เหมาะสมกับการทดแทนโค คือ ค่า retention pay off (RPO) ซึ่งมีการนำมาใช้และตีพิมพ์ในผลงานทางวิชาการต่าง ๆ อย่างแพร่หลายในยุโรป (Houben et al., 1994, Kristensen , 1992, Inchaisri et al., 2011a,Inchaisri et al., 2011b) และสหรัฐอเมริกา (De Vries, 2006, Groenendaal et al., 2004) ในประเทศไทยนั้นเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ การจัดการ ความสามารถในการผลิตของตัวโค และราคาการตลาดที่แตกต่างกันออกไป อีกทั้งข้อมูลที่จำเป็น เช่น อัตราการคัดทิ้ง อัตราการแท้ง อัตราการผสมติด รวมถึงผลผลิตน้ำนมแตกต่างกัน ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองให้มีความจำเพาะสำหรับฟาร์มโคนมในเมืองไทยจะมีความแม่นยำในการทำนายผลลัพธ์มากขึ้น โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมจากฟาร์ม เอกสาร และผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์และศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ในระดับตัวโค เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการป้อนเข้าสู่แบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทำนายเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มต้นผสมพันธุ์โค และเวลาที่เหมาะในการทดแทนโคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของฟาร์มและเกิดความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจของฟาร์มโคนมในประเทศไทย

วิธีการดำเนินวิจัย

ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมและให้ผลคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจในการเริ่มผสมพันธุ์โคนม และทดแทนโคนมด้วยโคตัวใหม่ แบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย แบบจำลองกราฟการผลิตน้ำนม แบบจำลองของวงจรระบบสืบพันธุ์ แบบจำลองประมาณการน้ำหนักโคและความต้องการอาหารของโค และแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์โคและเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค

ทำการสร้างแบบจำลองโดยการสร้างโค 1 ตัว เพื่อเป็นโคที่จะถูกทดแทนด้วยโคทดแทนอีก 1 ตัว ในแบบจำลองจะทำการสร้างโค โดยการกำหนดพันธุ์ (breed) ลำดับที่การรีดนม (lactation number) และปริมาณน้ำนมของโคตัวนั้นโดยการสุ่มเลือกจากข้อมูลป้อนเข้าของโคนมเมืองไทยจากเอกสาร ผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลที่รวบรวมมาจากฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ 3 ฟาร์ม โดยให้โคที่สร้างขึ้นมีวงจรการผลิตไปตามวงจรระบบสืบพันธุ์ (reproductive cycle) จากการคลอด (calve) การตกไข่ (ovulation) การกลับสัด (heat) การผสมพันธุ์ (insemination) อุ้มท้อง (pregnancy) การพักนม (dry) และคลอดลูกตัวถัดไป โดยกำหนดให้ระยะเวลาในแบบจำลองวิ่งไปทีละสัปดาห์ ซึ่งแต่ละสัปดาห์จะมีการผลิตน้ำนมเป็นไปตามกราฟการผลิตน้ำนม (lactation curve) และแต่ละสัปดาห์โคจะมีการเจริญเติบโตและต้องการอาหารเป็นไปตามแบบจำลองน้ำหนักโคและความต้องการอาหารโค แบบจำลองจะถูกสร้างในโปรแกรม @Risk (Palisade Corporation, Ithaca, NY, USA) บนแผ่นงานของโปรแกรม Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Monte Carlo stochastic simulation model โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Inchaisri et al.(2010a) และ Inchaisri et al.(2011a) ที่ได้ทำการศึกษามาก่อนหน้านี้ โดยทำการขยายแบบจำลองของตัวโคจนกระทั่งครบ 15 ลำดับการรีดนมข้อมูลที่ป้อนเข้าทั้งข้อมูลเกี่ยวข้องกับตัวโค ข้อมูลด้านราคาค่าใช้จ่ายอิงตาม ลักษณะของโคนมของเมืองไทยและราคาในเมืองไทย ชนิดของข้อมูลที่ป้อนเข้าและผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากแบบจำลอง แสดงใน **รูปที่ 1** ข้อมูลป้อนเข้าเป็นข้อมูลที่สืบค้นได้จากเอกสารอ้างอิงที่ได้มีรายงานจากการศึกษาก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามบางข้อมูลอาจไม่ได้รายงานไว้เป็นทางการจะใช้ข้อมูลจากการสอบถามผู้มีประสบการณ์ในภาคสนาม จากประสบการณ์ความชำนาญของกลุ่มผู้วิจัย และข้อมูลจากการรวบรวมจากฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ในประเทศไทยจำนวน 3 ฟาร์ม โดยใช้ค่าที่เป็นไปได้จากมากที่สุดถึงน้อยที่สุดในเมืองไทย ดัง **ตารางที่ 2** และ **3**

รูปที่ 1 แสดงข้อมูลป้อนเข้า (inputs) และผลลัพธ์ (outputs) ของแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลองของตัวโคที่กำหนด พันธุ์ ลำดับที่การให้นม และระดับปริมาณน้ำนมที่โคสามารถผลิตได้ โดยแต่ละลำดับการรีดนม โคแต่ละตัวจะมีวงจรการผลิตตามวงจรระบบสืบพันธุ์ โดยให้ข้อมูลป้อนเข้าต่าง ๆ แปรไปตามอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ของตัวโค เมื่อโคมีวงจรชีวิตครบ 1 ลำดับการรีดนม จะทำการสรุปผลลัพธ์ของผลผลิตของโคและคำนวณออกมาเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ

การสร้างแบบจำลองกราฟการผลิตน้ำนม

สร้างจำลองกราฟการผลิตน้ำนม ตามสมการของ Wood's function (Wood, 1967) ขึ้นโดยการปรับปริมาณการผลิตน้ำนมต่อวันให้เป็นไปตามลำดับที่การรีดนม (p) และระยะการรีดนมรายสัปดาห์ (j) และระดับปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ที่คาดว่าจะได้รับ (MP_{ip}) โดยให้โคลำดับการรีดนม 1, 2, 3 และ ≥ 4 มีปริมาณน้ำนมเป็น 0.9, 1.02, 1.07 และ 1.08 ของค่าเฉลี่ยของฟาร์ม ตามลำดับ

$$MY_{ijp} = \begin{cases} \dfrac{(A \times j^{B} \times \exp(-Cp \times j))_i \times MP_{ip}}{\sum_{j=1}^{44} (A \times j^{B} \times \exp(-Cp \times j))_i \times 7} \\ i = 1, \ldots, n \\ j = 1, \ldots, \text{week at drying off} \end{cases}$$

โดยกำหนดให้ A เป็นผลิตน้ำนมต่อวันสูงสุดของกราฟการผลิตน้ำนม B เป็นเวลาที่โคผลิตน้ำนมต่อวันได้สูงสุด ขณะที่ Cp เป็นค่าความคงที่ในการผลิตน้ำนมซึ่งเปลี่ยนแปลงตามลำดับที่การรีดนมโดยกำหนดให้ปรับ Cp ของโค

เป็น 0.49, 0.84, 0.96, 0.99 และ 1 สำหรับโคลำดับที่การรีดนมที่ 1, 2, 3, 4 และ ≥5 ตามลำดับ รายละเอียดตาม **ตารางที่ 2**

การสร้างแบบจำลองของวงจรระบบสืบพันธุ์

ขณะที่วงจรระบบสืบพันธุ์ข้อมูลป้อนเข้า (**รูปที่ 1** และ **รูปที่ 2**) ถูกปรับตามปัจจัยของตัวโค เช่น ลำดับที่การรีดนม ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ และระยะการรีดนม เป็นต้น อย่างไรก็ตามตลอดระยะวงจรระบบสืบพันธุ์ โคอาจมีปัญหาที่ไปกระทบต่อวงจรการผลิต เช่น ป่วยหลังคลอด (postpartum disorder) ซึ่งอาจไปมีผลให้วงจรระบบสืบพันธุ์ช้าออกไป เหตุการณ์เหล่านี้จะทำการสุ่มตามความน่าจะเป็นที่จะเกิดปัญหาที่แตกต่างกันไปตามระยะการรีดนมและตามลำดับการรีดนม ในการผสมพันธุ์ (artificial insemination; AI) จะสร้างแบบจำลองที่สามารถเลือกตัดสินใจว่าจะผสมพันธุ์หรือเว้นการผสมพันธุ์ เมื่อวงจรของแบบจำลองผ่านระยะการตรวจสัดได้ ดัง **รูปที่ 2** เมื่อแม่โคอุ้มท้อง โคจะอุ้มท้องไปตามระยะเวลาการอุ้มท้องที่กำหนดจากข้อมูลที่ป้อนเข้าที่เป็นไปได้ตาม **ตารางที่ 2** โดยจะกำหนดให้พักนม 2 เดือน ก่อนจะคลอดลูกสำหรับลำดับการรีดนมถัดไป หลังจากการคลอดลูกวงจรการผลิตจะถูกสร้างเช่นเดียวกับลำดับการรีดนมก่อนหน้านี้ แต่ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อวงวงจรระบบสืบพันธุ์ ต่อการผลิตน้ำนมอาจต่างออกไปเนื่องจากอิทธิพลของกราฟการผลิตน้ำนมที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุและลำดับการรีดนมที่มากขึ้น ซึ่งวงจรการผลิตแบบนี้จะถูกสร้างซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการรีดนมในลำดับการรีดนมที่ 15

วงจรระบบสืบพันธุ์จะถูกสร้างขึ้นโดยให้มีระยะการรีดนมเป็นรายสัปดาห์ (j) ในแต่ละลำดับการรีดนม โดยเริ่มต้นผสมพันธุ์เมื่อโคแสดงอาการเป็นสัดหลังจาก 30 วันหลังคลอด กำหนดให้ถ้าฟาร์มสามารถเช็คสัดได้จะทำการผสมพันธุ์โคนมไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึง 43 สัปดาห์หรือ 300 วัน ถ้ายังผสมไม่ติดจะทำการหยุดผสมและจะทดแทนโคเมื่อรีดนมได้ 600 วันหรือ 86 สัปดาห์ หรือเมื่อปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่อวันน้อยกว่า 2 กก. ต่อวัน และยังผสมไม่ติด จะทำการทดแทนโคตัวนั้นด้วยโคที่ให้ผลผลิตในระดับเดียวกับโคที่ถูกคัดทิ้ง

หลังจากคลอดของโคและมีการตกไข่ครั้งแรก (OVU1) เกิดขึ้นที่ระยะเวลาที่ปรับตามลำดับที่การรีดนม จากการสุ่มจากข้อมูล lognormal distribution ตาม**ตารางที่ 2** หลังจากมีการตกไข่ครั้งที่ 1 โอกาสการตกไข่ครั้งต่อไปขึ้นกับค่าความเป็นได้ในการตกไข่ครั้งถัดไป ($POVU_i$) โดยกำหนดให้ช่วงระยะเวลาระหว่างการตกไข่เกิดขึ้นอย่างน้อย 3 สัปดาห์ บางครั้งโคอาจจะมีปัญหาหลังคลอดซึ่งจะมีผลต่อวงจรระบบสืบพันธุ์ทำให้ วงจรระบบสืบพันธุ์ครั้งถัดไปช้าออกไป โดยกำหนดให้โอกาสในการเกิดปัญหา ระยะการรีดนมที่เกิดปัญหา และระยะเวลาที่ได้รับผลกระทบต่อวงจรระบบสืบพันธุ์ (recovery period) ตามข้อมูลป้อนเข้าที่กำหนดให้ใน **ตารางที่ 2**

$$OVU_{ij} = \begin{cases} \text{if } j < OVU1 \text{ then } 0 \\ \text{if } OVU_{ij-1} = 1,\ OVU_{ij-2} = 1 \text{ then } 0 \\ \text{else discrete}[(1, 0), (POVU_i, 1\text{-}POVU_i)] \\ i = 1, \ldots, n \\ j = 1, \ldots, 78 \end{cases}$$

อัตราการแสดงการเป็นสัดของโคจะถูกปรับตามตามปริมาณน้ำนมของโคตัวนั้นเมื่อเทียบกับตัวอื่น ๆ ในฝูง () โคที่แสดงการเป็นสัดหลังจากตกไข่ครั้งแรกอาจถูกตรวจพบ (PEst) โดยกำหนดให้การตรวจเป็นสัดพบในการตกไข่ครั้งแรกเท่ากับ 0.5 เท่า ของการตกไข่ครั้งอื่น ๆ การตรวจการเป็นสัดหลังจากการตกไข่ครั้งแรกและเกิดก่อน 6 สัปดาห์หลังคลอด อัตราการจับสัดจะถูกปรับตามปริมาณน้ำนมของโคตัวนั้นเมื่อเทียบกับตัวอื่น ๆ ในฝูง (LV_i) ขณะที่หลังจาก 6 สัปดาห์หลังคลอดอัตราการจับสัดจะถูกปรับตาม FLV และปริมาณน้ำนมของวันนั้น ๆ เทียบกับปริมาณน้ำนมระดับสูงสุด (MY_{ipeak}) โดยกำหนดให้ FLV เท่ากับ 1.1, 1 และ 0.9 สำหรับโคที่มี LV_i เท่ากับ <0.9, 0.9-1.1 และ >1.1 ของฝูง ตามลำดับ

$$PEstAdj_{ij} = \begin{cases} \text{if } OVU_{ij} = 0 \text{ then } 0 \\ \text{if } j = OVU1 \text{ then } 0.50 \times PEst \times FLV \\ \text{if } OVU1 < j < 6 \text{ weeks then } PEst \times FLV \\ \text{else } \left(\dfrac{PEst \times FLV \times MY_{ipeak}}{MY_{ij}} \right) \\ i = 1, ..., n \\ j = 1, ..., 78 \end{cases}$$

หลังจากที่ตรวจเช็คสัดได้ (ED_{ij}) การผสมพันธุ์ (INS_i) จะเกิดขึ้นหลังจากระยะการรีดนมยาวนานกว่า voluntary waiting period (VWP)

$$INS_{ij} = \begin{cases} \text{if } ED_{ij} = 0 \text{ then } 0 \\ \text{if } ED_{ij} = 1 \text{ and } j < VWP \text{ then } 0 \\ \text{else } ED_{ij} = 1 \text{ and } j \geq VWP \text{ then } 1 \\ i = 1, ..., n \\ j = 1, ..., 78 \end{cases}$$

เมื่อทำการผสมพันธุ์โค อัตราการผสมติด ($PCon_{ij}$) จะขึ้นอยู่กับลำดับการรีดนม (FP), FLV และปัญหาหลังคลอด เช่น ปัญหามดลูกลักเสบ (FME) โดยกำหนดให้ FP มีค่าเท่ากับ 1.05 และ 1 สำหรับโคลำดับการรีดนมที่ 1 และโคลำดับการรีดนมที่ >1 ตามลำดับ สำหรับโคที่ป่วยด้วยมดลูกอักเสบจะถูกปรับด้วยค่าของ FME เท่ากับ 0.81

$$PCon_{ij} = \begin{cases} \text{if } INS_{ij} = 0 \text{ then } 0 \\ \text{if } j < 5 \text{ then } 0 \\ \text{else } j \geq 5 \text{ then } (41.5 - 345 \times 0.6^{j}) \times \dfrac{PCon \times FP \times FLV \times FME}{0.37} \\ i = 1, ..., n \\ j = 1, ..., 78 \end{cases}$$

เมื่อโคอุ้มท้องตั้งแต่อายุการอุ้มท้องที่ 5 สัปดาห์เป็นต้นไป ปริมาณน้ำนมต่อวันจะถูกปรับลดลงตามอายุการอุ้มท้อง (k)

$$MYadj_{ij} = \begin{cases} MY_{ij} - MYloss_{ik} \\ MYloss_{ik} = 0.18\,[\exp(0.093 \times k)] \\ j = 1, \ldots, \text{week at drying off} \\ k = 5, \ldots, 42 \\ i = 1, \ldots, n \end{cases}$$

การสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณน้ำหนักโคและความต้องการอาหารของแม่โค

ความต้องการอาหารของแม่โคที่ขึ้นกับน้ำหนัก (BW) ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้และอายุของการอุ้มท้อง ตามสมการข้างล่างนี้ที่ประยุกต์มาจากวิธีของ Nielsen et al. (2010)

ในโคที่ไม่อุ้มท้อง จะคำนวณน้ำหนักได้ดังนี้

$$BW(lact, DIM) = aexp(-bexp(-cexp(age + DIM)))$$

เมื่อ BW = น้ำหนักมาตรฐาน

a, b, c = พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณตามตารางที่ 1

DIM = ระยะการรีดนม (วัน)

age = อายุที่วันคลอด (วัน)

ในโคที่อุ้มท้อง จะคำนวณน้ำหนักได้ดังนี้

$$BWpreg(Dcon, DIM) = abexp(-c(282 + Dcon) - DIM))$$

เมื่อ BWpreg = น้ำหนักเมื่อโคอุ้มท้อง

a, b, c = พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณตามตารางที่ 1

DIM = ระยะการรีดนม (วัน)

Dcon = ระยะเวลาการอุ้มท้อง (วัน)

ปริมาณ dry matter intake (DMI) คำนวณตามสมการของ NRC (2001) โดยกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไขมัน (fat corrected milk) เท่ากับ 4% ในโคพักนมกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและปริมาณน้ำนมเท่ากับ 0 น้ำหนักโคปรับตามสถานะอุ้มท้อง

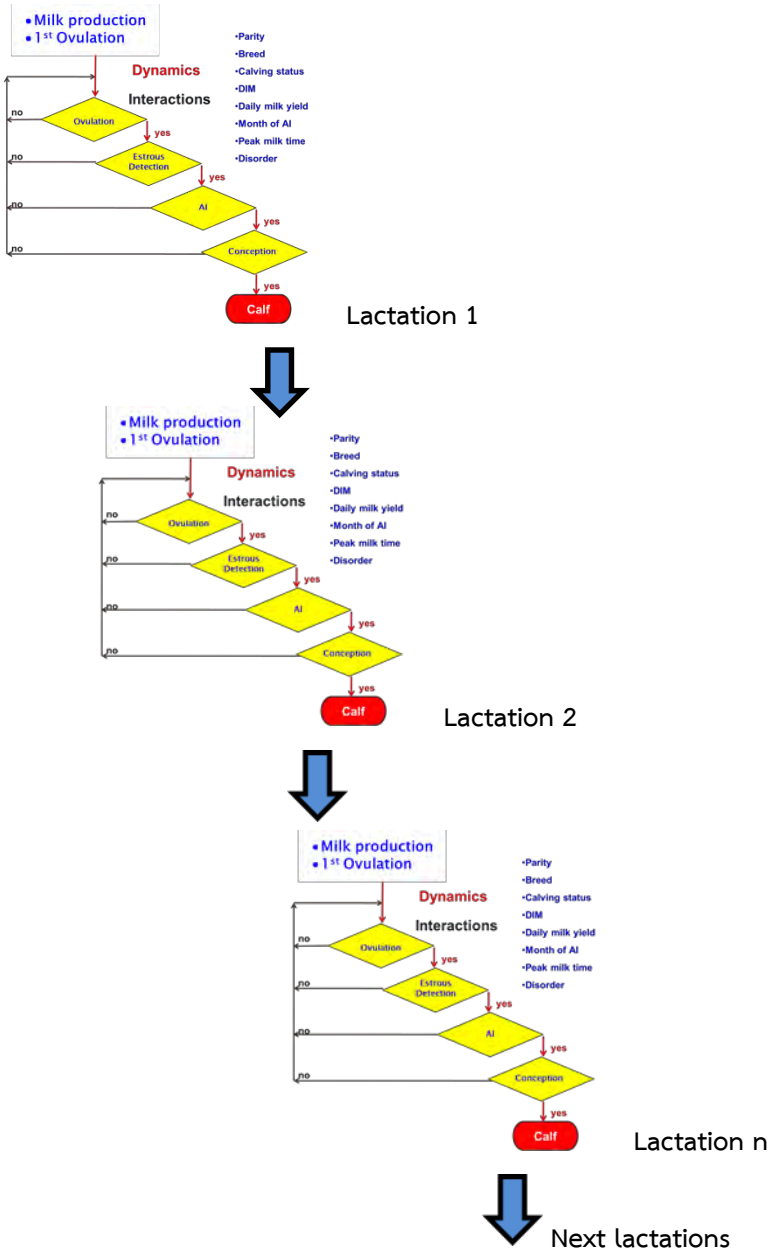
$$DMI = (0.372 \times FCM + 0.00968 \times BW^{0.75}) \times (1 - exp(-0.192 \times (j + 3.67)))$$

เมื่อ DMI (kg/day) = dry matter intake

FCM = 4 % fat corrected milk (kg/day)

BW = น้ำหนักตัวโคปรับตามสถานะอุ้มท้อง ระยะการรีดนม และอายุที่คลอด

j = สัปดาห์หลังจากการคลอด



รูปที่ 2 แสดงไดอะแกรมของแบบจำลองของวงจรชีวิตในการผลิตน้ำนมและวงจรของระบบสืบพันธุ์ของแม่โคนม ตั้งแต่ลำดับการรีดนมที่ 1 ถึง ลำดับการรีดนมที่ n ซึ่งลักษณะวงจรการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลำดับที่การรีดนม พันธุ์ ระยะการรีดนม ลักษณะการคลอดลูก และลักษณะกราฟของผลผลิตน้ำนม เป็นต้น การตัดสินใจผสมพันธุ์หรือไม่ผสมพันธุ์เกิดขึ้นในทุกวงจรระบบสืบพันธุ์

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักโคที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโต ลำดับที่ของการรีดนม ระยะรีดนม และระยะการอุ้มท้อง

น้ำหนักโค	a	b	c
BW (lact, DIM)	543	2.5483	0.00314
BWpreg (Dcon, DIM)	543	0.1133	0.02

ในตลอดวงจรการผลิตนี้โคบางตัวอาจโดนคัดทิ้งแบบไม่ตั้งใจ (involuntary culling) เนื่องจากการป่วย หรือ ตายซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการคัดทิ้งแบบไม่ตั้งใจดังกล่าว ข้อมูลของโคในเมืองไทยยังไม่เพียงพอที่จะคาดการณ์ได้ จึงกำหนดให้โคถูกทดแทนไว้เฉพาะกรณีที่ผสมไม่ติดหลังจากคลอดมาแล้ว 42 สัปดาห์ โดยจะหยุดผสมและรอทดแทนเมื่อรีดนมถึง 86 สัปดาห์ ถ้าปริมาณน้ำนมต่อวันยังสามารถผลิตได้มากกว่า 2 กก. ต่อวัน เมื่อโคถูกคัดทิ้งจะถูกทดแทนด้วยโคที่ให้ผลผลิตในระดับเดียวกับโคที่ถูกคัดทิ้งโดยทดแทนด้วยโคที่พร้อมจะให้ผลผลิตในลำดับการรีดนมที่ 1 ทันที

การสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ทำการรวบรวมผลผลิตและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของโคตลอดระยะเวลาของการผลิตนาน 10 ปี และทำการคำนวณหามูลค่ารายได้ของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (retention pay off; RPO) สำหรับการทดแทนโคจะคำนวณค่า RPO โดยการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบัน (Net present value) จากการที่เก็บโคตัวเดิมไว้และทดแทนด้วยโคตัวใหม่ ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มการผสมพันธุ์โคจะประเมินจากค่า RPO ของโคประเภทเดียวกัน เมื่อเริ่มผสมพันธุ์ที่ระยะเวลาต่างกันตั้งแต่ 5-9 สัปดาห์หลังคลอด เปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันจากการที่ผสมพันธุ์ ณ รอบวงจรระบบสืบพันธุ์นั้น หรือรอจนกระทั่งรอบวงจรระบบสืบพันธุ์หน้า ซึ่งการทดแทนโคสามารถเกิดขึ้นได้ทุกระยะ (stage) ดังใน **รูปที่ 3** RPO เป็นค่าที่คำนวณโดยเปรียบเทียบมูลค่าในอนาคตหลังจากการหักมูลค่าดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อ (discounted future cash flow) ออกจากมูลค่าการเลี้ยงโคตัวนั้นเพื่อให้ผลผลิตต่อไปแล้วคัดทิ้งในอนาคต เปรียบเทียบกับโคที่ทำการคัดทิ้งทันทีแล้วซื้อโคสาวตัวใหม่เข้ามาทดแทน เมื่อค่า RPO มีมูลค่าต่ำกว่าศูนย์ เมื่อใด ณ เวลานั้นจะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการคัดทิ้งและทดแทนด้วยโคสาว

$$RPO_{i,lact,j} = Keep_{i,lact,j} - Cull_{,lact,j}$$

เมื่อ RPO = Retention pay off

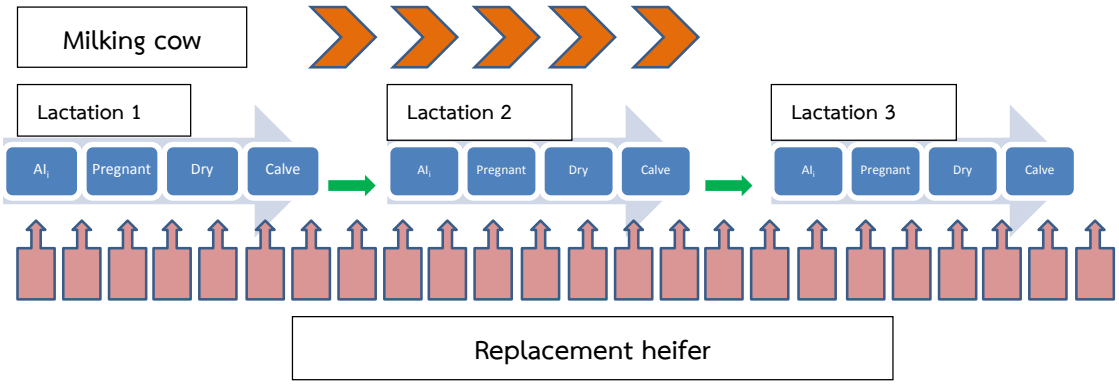
Keep = มูลค่าปัจจุบันในการให้โคให้ผลผลิตต่อไป

Cull = มูลค่าปัจจุบันในการทดแทนด้วยโคท้องแรกที่พร้อมจะให้ผลผลิตระดับเฉลี่ยของฝูง

i = โคตัวที่ 1, 2, ...n

j = สัปดาห์หลังจากการคลอด

lact = ลำดับที่การรีดนม



รูปที่ 3 แสดงการทดแทนแม่โคที่เกิดขึ้นได้ที่ระยะต่าง ๆ ตลอดวงจรการผลิตของแม่โคในแต่ละลำดับการคลอด จากการคลอด การผสม การท้อง การพักนม จากลำดับการคลอดที่ 1 จนกระทั่งถึงลำดับการคลอดที่เหมาะสมในทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนแม่โค

ข้อมูลป้อนเข้า

ข้อมูลเกี่ยวกับตัวโค

เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานะโค การผลิตน้ำนม ข้อมูลด้านระบบสืบพันธุ์ และข้อมูลการป่วยหลังคลอด เนื่องจากข้อมูลที่จำเป็นในเมืองไทยมีน้อยมาก ข้อมูลบางส่วนได้จากการสอบถามจากภาคสนาม ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ กับความคิดเห็นของกลุ่มผู้วิจัยดังแสดงใน **ตารางที่ 2** และการรวบรวมข้อมูลจากฟาร์มขนาดใหญ่ 3 ฟาร์ม (รายละเอียดในภาคผนวก)

ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นข้อมูลที่รวบรวมความเห็นจากผู้ที่ทำงานจากภาคสนามเป็นส่วนใหญ่ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ร่วมกับความคิดเห็นของกลุ่มผู้วิจัยดังแสดงใน **ตารางที่ 3**

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการสุ่มให้แบบจำลองเลือกโค และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ จำนวน 2 แสนเหตุการณ์ รวบรวมข้อมูลป้อนเข้า และผลลัพธ์ของแบบจำลองที่แสดงในค่า RPO ของแต่ละสัปดาห์หลังจากเวลาปัจจุบันเป็นต้นไป จนกระทั่งครบ 10 ปี ค่าเฉลี่ยของ RPO ในแต่ละสัปดาห์ถูกนำมาสร้างกราฟตามความแตกต่างของปัจจัยที่แตกต่างกันของปัจจัยด้านข้อมูลตัวโค และข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์การกระจายตัวความถี่ของข้อมูลโคที่มีระยะเวลาที่เหมาะสมจะถูกทดแทนในระยะต่าง ๆ ถูกนำมาสร้างกราฟและประเมินเป็นค่า เปอร์เซ็นต์ของจำนวนโค

Sensitivity analysis

ปัจจัยด้านข้อมูลตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ถูกนำมาทดสอบความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุดข้อมูล เพื่อหาปัจจัยของตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ที่สำคัญที่มีผลต่อการต้องทดแทนโคโดยทันที หาปัจจัยของตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญที่ทำให้โคมีสมรรถภาพในการให้ผลผลิตต่อไปและมีเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน โดยกำหนดให้โคที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ โคที่มีเวลาที่เหมาะสมต้องทดแทนโดยทันที หรือโคที่มีเวลาที่เหมาะสมที่ต้องทดแทนหลังจาก 3 ปี นับจากปัจจุบัน เป็นปัจจัยตาม (dependent variable) ข้อมูลตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์เป็นปัจจัยต้น (independent variable) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิค logistic regression model ในโปรแกรม IBM® SPSS® Statistics version 22 (IBM corp., USA) ทำการตรวจสอบตัวแปรต้น ว่ามีความ linearity กับตัวแปรตามและข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ถ้าข้อมูลไม่มีการกระจายตัวแบบปกติ ทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยให้ครอบคลุมข้อมูลจากน้อยที่สุดไปมากที่สุดก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป เริ่มต้นการวิเคราะห์ตัวแปรต้นทีละตัวแปร ตัวแปรใดมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value<0.1) จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อในสมการหลายตัวแปรต่อไป (multivariable analysis) ในการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร ตัวแปรต้นที่จะอยู่ในสมการต้องมีอิสระต่อกัน หรือมี correlation coeffcient น้อยกว่า 0.3 การเลือกตัวแปรในสมการสุดท้ายเลือกโดยจากค่า AIC (Alkaike corrected Information criterion) ที่น้อยที่สุด ตัวแปรในสมการสุดท้ายจะทำการตัวเช็ค interaction และ confounding ก่อน และตัวแปรต้นที่เหลือในสมการต้องมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P<0.05 และทำการเปรียบเทียบโอกาสของตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรตามที่แตกต่างกันทีละคู่ ด้วยวิธี Least significant different ที่ P<0.05

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวโคที่ใช้ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เช่น การผลิตน้ำนม ดัชนีด้านระบบสืบพันธุ์

Parameters	Variation value	Source
Cow status		
Proportion of cows in lactation number 1, 2, 3,4 and ≥ 5	0.32, 0.25, 0.18, 0.11 and 0.14	Inchaisri et al., 2010
Milk production		
Wood's curve		(Wood, 1967)
A	1	
B	0.126	
C	0.121	
Average a herd 305-days milk yield (MP305) (kg,SD)	4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500	Survey

Parameters	Variation value	Source
Lactation value (LV)	0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2	Authors' expertise
Adjust factors of lactation number 1,2,3,4 and ≥ 5 on MP305	0.89, 1.04, 1.09, 1.10, and 1.08	Inchaisri et al., 2010a
Milk Persistency in Wood's curve	Norm(-0.025, 0.003), Truncate (-0.025, -0.015)	Inchaisri et al., 2010a
Week of peak yield (PTi)	Norm (6.6, 2.5),Truncate (2, 10)	Inchaisri et al., 2010a
Adjust factors of lactation number 1,2,3,4 and ≥ 5 on milk persistency	0.49, 0.84, 0.96, 0.99 and 1.0	Inchaisri et al., 2010a
Reproductive cycle		
Voluntary waiting period (weeks)	5-9	Authors' expertise
Time to stop insemination after a cow failed to pregnancy (weeks)	43	Authors' expertise
The first ovulation time (weeks) Lactation number 1 Lactation number ≥ 2	 LogNorm(5.36, 5.04), Truncate(5, 8) LogNorm(4.53, 3.08), Truncate(5, 8)	Authors' expertise
Probability of the ovulation after the first ovulation	0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 080, 0.85, 0.80, 0.95	Authors' expertise
Estrus detection rate at the first ovulation	50% of estrus detection rate in later stage	Kyle et al. (1992)
Estrus detection rate in later stage	0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65	Authors' expertise
Conception rate	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40,0.45, 0.50	Authors' expertise
Gestation period (weeks)	Norm(40, 0.86), Truncate(38, 42)	De Vries et al. (2006)
Incidence rate of disorders prolonging ovarian cyclicity	Uniform(0.1, 0.10)	Survey
Timing of the occurrence of disorders (weeks)	Uniform(6,14)	Authors' expertise
Incidence rate of embryonic death	Uniform(0.01, 0.10)	Survey
Timing of the occurrence of embryonic death after conception (weeks)	Uniform (3,5)	Authors' expertise
Recovery period from disorders or embryonic death	Norm(5,1), Truncate (2, 8)	Authors' expertise

Parameters	Variation value	Source
ED	Uniform(0.5, 0.30)	Survey
Percentage of genetic improvement in milk production for replacement cow (%)	Uniform(0, 3)	Authors' expertise

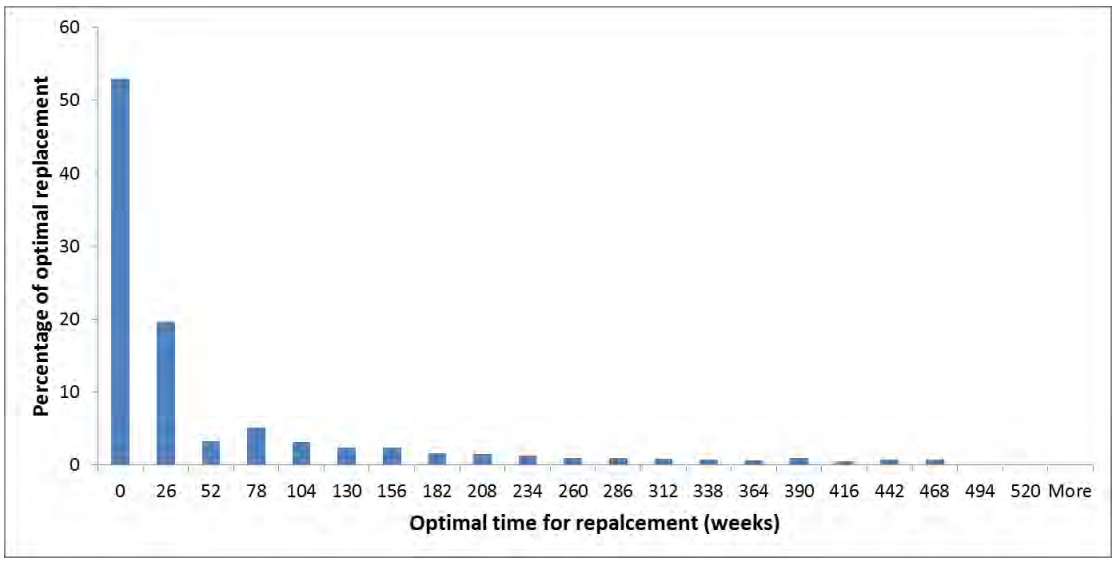
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลด้านการเงินที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เช่น ราคาน้ำนม ราคาลูกโค ราคาโคสาวทดแทน และ ราคาโคคัดทิ้ง เป็นต้น

Parameters	Unit	Variation value	Source
Milk	Baht/kg	Uniform(17.00, 21.50)	Authors' expertise
9-months pregnant heifer	Baht/cow	Uniform(40,000, 60,000)	Authors' expertise
Calve price	Bath/calve	Uniform(1,500, 3,000)	Authors' expertise
Involuntary culling cost	Baht/cow	Uniform(10,000, 25,000)	Authors' expertise
Voluntary Culling cost	Baht/cow	Uniform(25,000, 35,000)	Authors' expertise
Feed cost for lactating cow	Baht/kg DMI	Uniform(10.00, 15.00)	Authors' expertise
Feed cost for dry cow	Baht/kg DMI	Uniform(7.00, 12.00)	Authors' expertise
Average treatment cost per treatment	Bath/treatment	Uniform (400, 1,000)	Authors' expertise
Insemination cost	Bath/insemination	Uniform (200, 1500)	Authors' expertise
Real interest rate	%	Uniform(1, 10)	Authors' expertise

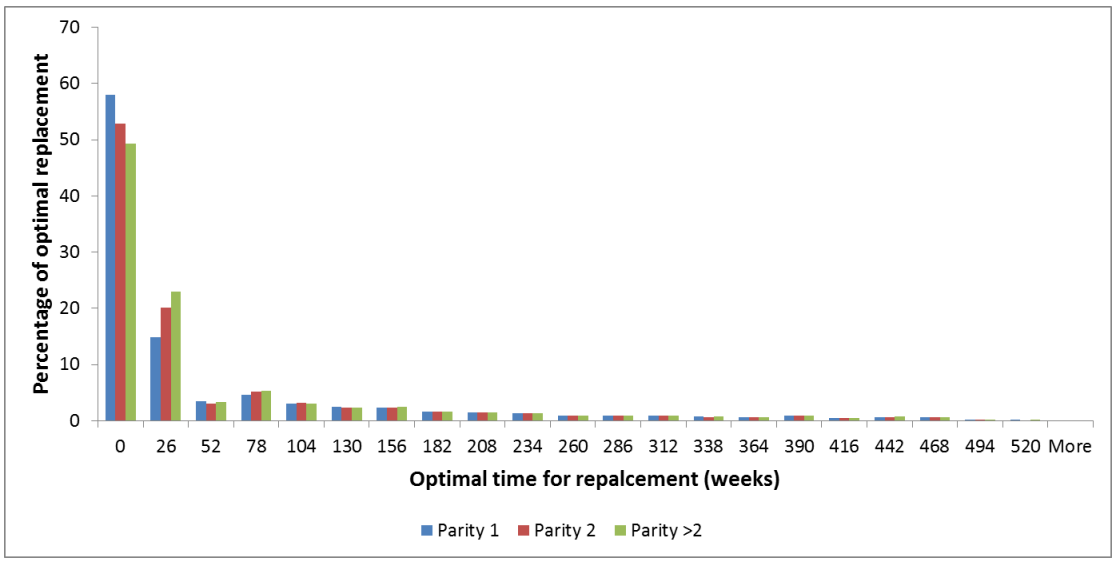
ผลการศึกษา

จากข้อมูลทั้งหมด 2 แสนชุดข้อมูลพบว่าโคประมาณ 53% ควรจะถูกทดแทนโดยทันที และ 11% ที่ควรทดแทนหลังจาก 3 ปี ดังแสดงใน**รูปที่ 4** โดยพบว่า โคลำดับการรีดนมที่ 1 ควรได้รับการทดแทนมากที่สุดในทันทีสูง 59% และ โคลำดับการรีดนมที่ ≥3 มีจำนวนโคที่จะถูกทดแทนในเวลาที่เหมาะสมช้ากว่าลำดับที่การรีดนมอื่น ๆ ดังแสดงใน **รูปที่ 5**

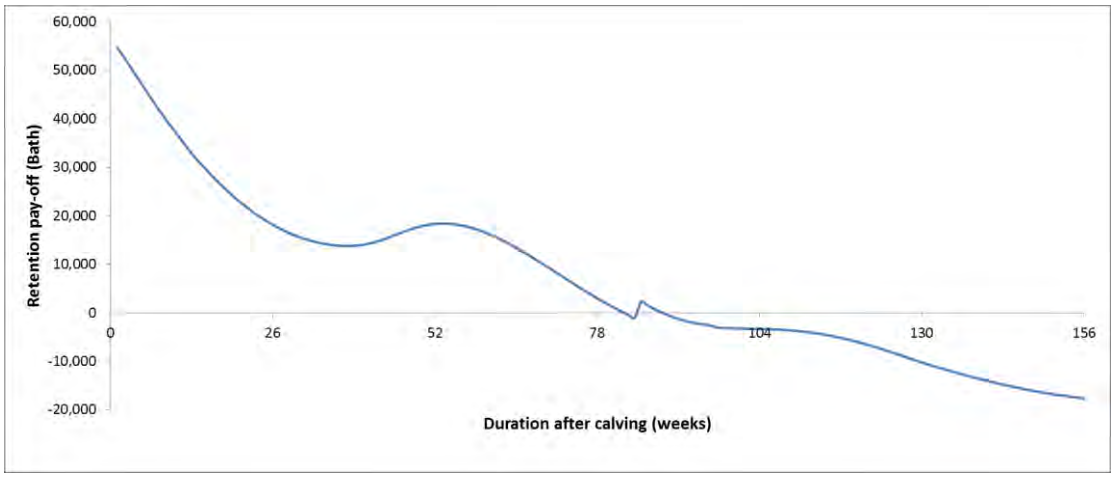
จากข้อมูลที่สุ่มเลือกขึ้นมา ผลลัพธ์ของค่า RPO ในแต่ละสัปดาห์มีค่าความแปรปรวนมากเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง โดยมีค่าเฉลี่ย RPO จากการทดแทนโคตั้งแต่สัปดาห์แรกหลังคลอดถึง 156 สัปดาห์หลังคลอดโดยมีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคที่ประมาณโดยเฉลี่ย ที่ 86 สัปดาห์ นับจากเวลาปัจจุบัน ดังแสดงใน **รูปที่ 6** อย่างไรก็ตาม เนื่องจากคุณสมบัติของโคแต่ละตัวแตกต่างกัน ทั้งด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนม สมรรถภาพในด้านระบบสืบพันธุ์ ในสถานการณ์ด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาในการทดแทนโคนมแตกต่างกันออกไป ตัวอย่าง รายได้เหนือรายจ่ายที่จะได้รับของโคต่อสัปดาห์ของโคปัจจุบันและของโคทดแทน แสดงใน **รูปที่ 7** ซึ่งเป็นมูลค่าของโคปัจจุบันที่มีสถานะที่ลำดับการรีดนมที่ 2 ที่มีน้ำนมเท่ากับค่าเฉลี่ยของฝูงที่ 305 วันเท่ากับ 5000 กก. ในสถานการณ์ของมูลค่าเศรษฐกิจปัจจุบัน จากค่า RPO ถ้ามีการทดแทนโคที่มีสมรรถภาพด้านการผลิตน้ำนมและสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ที่เหมือนกันที่ระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่สัปดาห์แรกจนกระทั่ง 156 สัปดาห์ ดังแสดงใน **รูปที่ 8** จากข้อมูลของโคที่มีสมรรถภาพดังกล่าวควรทำการทดแทนโคที่เมื่อให้ผลผลิตไปได้อีก 59 สัปดาห์ นับจากเวลาในปัจจุบัน จากแบบจำลองนี้ทำให้ประมาณการเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคนมรายตัวได้แบบจำเพาะการทดแทนโคไม่ควรรอ จนกระทั่งค่า RPO ติดลบ เพราะจะเกิดความสูญเสียของฟาร์มจากสมรรถภาพการผลิตของโคดังกล่าว การทดแทนโคด้วยเวลาที่เหมาะสมจะลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจของฟาร์มลงได้



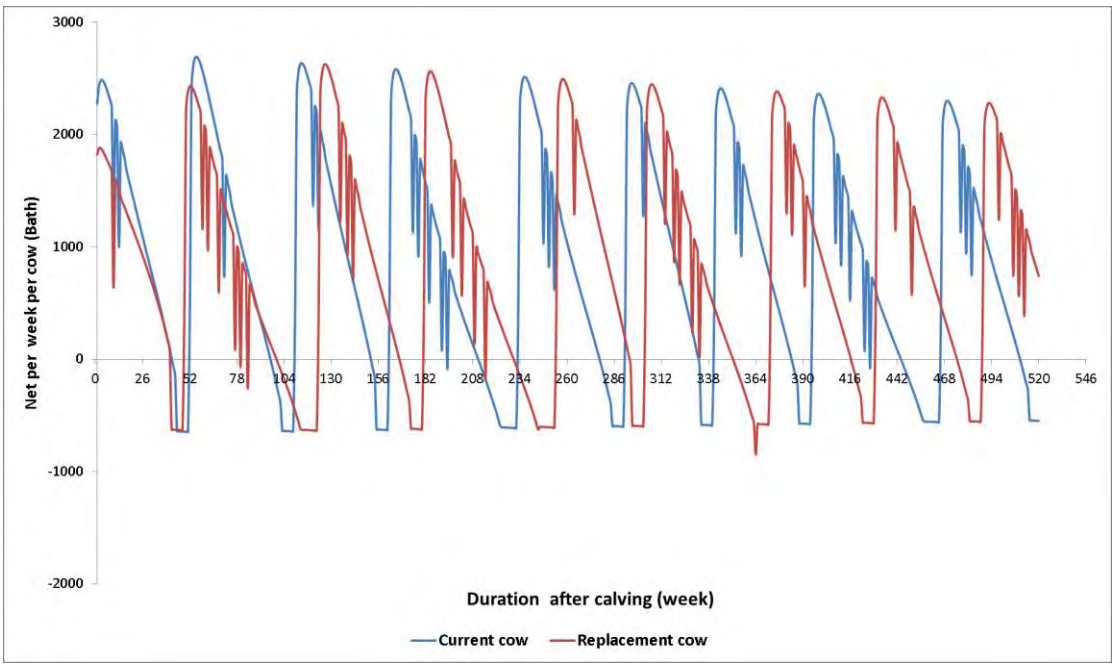
รูปที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของโคในระยะเวลาที่เหมาะสมต่าง ๆ ในการทดแทนหลังจากการคลอดลูกของลำดับที่การรีดนมของโคปัจจุบันด้วยโคทดแทนสาวอุ้มท้อง 9 เดือนพร้อมคลอด



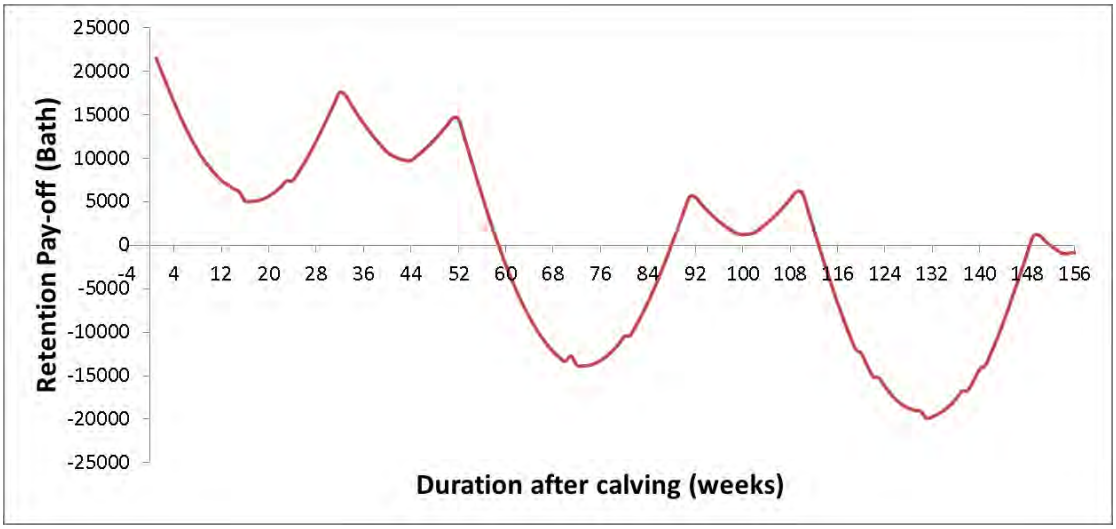
รูปที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของโคลำดับการรีดนมต่าง ๆ ในระยะเวลาที่เหมาะสม ในการทดแทนหลังจากการคลอดลูกของลำดับที่การรีดนมของโคปัจจุบันด้วยโคทดแทนสาวอุ้มท้อง 9 เดือน พร้อมคลอด



รูปที่ 6 แสดงมูลค่ารายได้ของโคปัจจุบันเฉลี่ยที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ทำการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์ นับจากเวลาปัจจุบัน



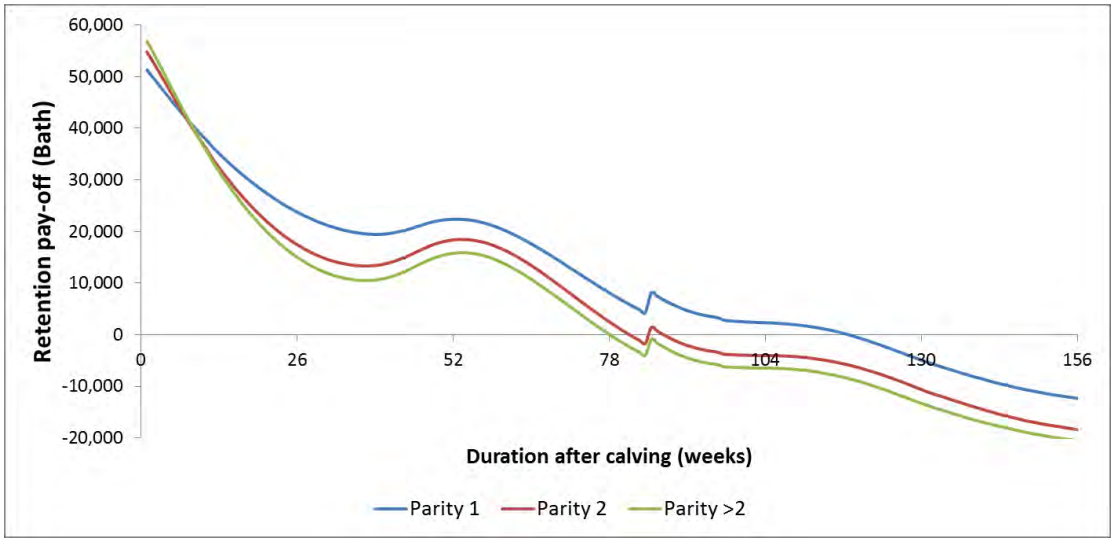
รูปที่ 7 แสดงรายได้เหนือรายจ่ายที่จะได้รับของโคต่อสัปดาห์ของโคปัจจุบัน (กราฟเส้นสีน้ำเงิน) ที่ลำดับการรีดนมที่ 2 มีน้ำนมเฉลี่ยของฝูงที่ 305 วันเท่ากับ 5000 กก. เปรียบเทียบกับรายได้จากโคทดแทนที่มีสมรรถภาพการผลิตที่เหมือนกับโคปัจจุบันเริ่มจากสัปดาห์ปัจจุบัน จนกระทั่ง 10 ปี (กราฟเส้นสีแดง)



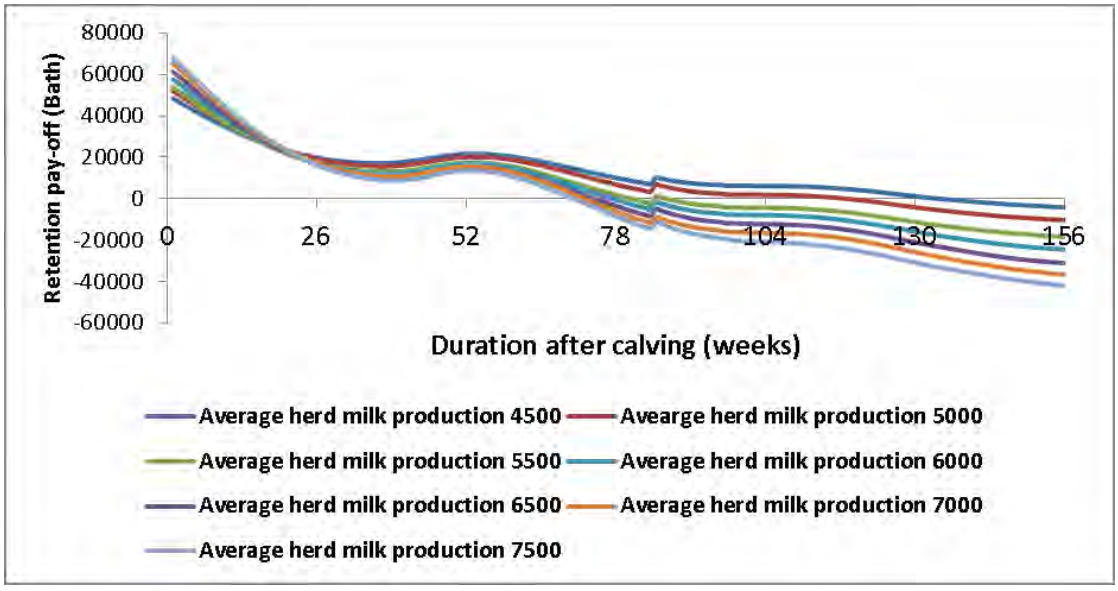
รูปที่ 8 แสดงมูลค่าของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ลำดับการรีดนมที่ 2 ที่มีน้ำนมเฉลี่ยของฝูงที่ 305 วันเท่ากับ 5000 กก. เริ่มจากสัปดาห์ปัจจุบัน จนกระทั่ง 3ปีข้างหน้า

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของมูลค่า RPO ตามระยะที่ควรจะทำการทดแทนโคในระยะต่าง ๆ จากเวลาปัจจุบัน จนถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบันตามปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น ปัจจัยลำดับที่การรีดนม (**รูปที่ 9**) สมรรถภาพของโคในการผลิตน้ำนม รวมถึงปริมาณน้ำนมเฉลี่ยที่ 305 วัน (**รูปที่ 10**)

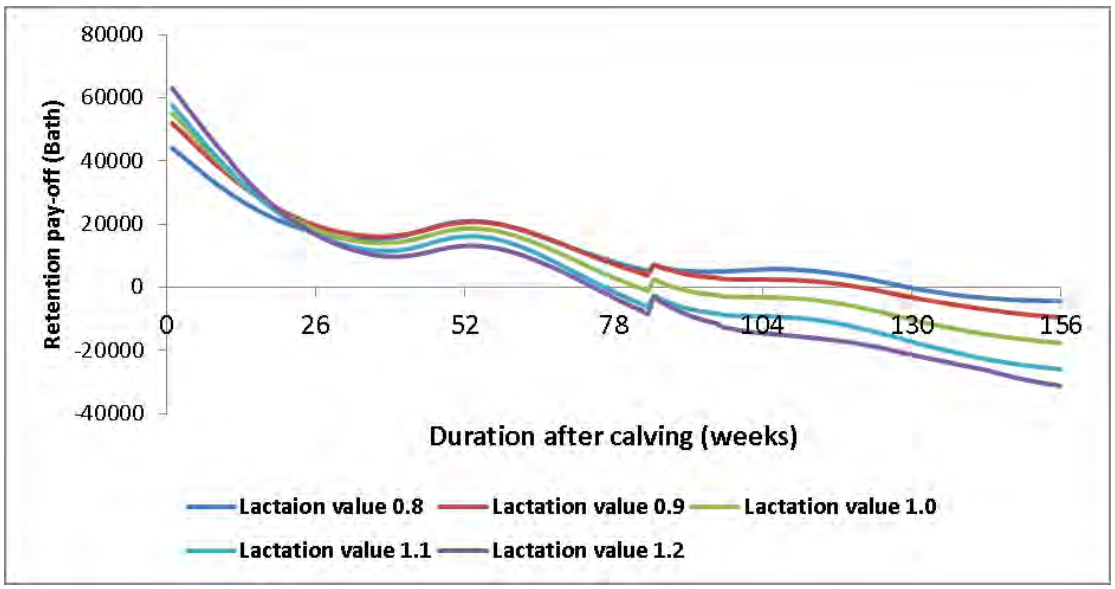
สมรรถภาพการผลิตน้ำนมเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง (**รูปที่ 11**) ระยะเวลาหลังคลอดที่โคให้ปริมาณน้ำนมสูงสุด (**รูปที่ 12**) และการพัฒนาระดับพันธุกรรมด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนม (**รูปที่ 13**)



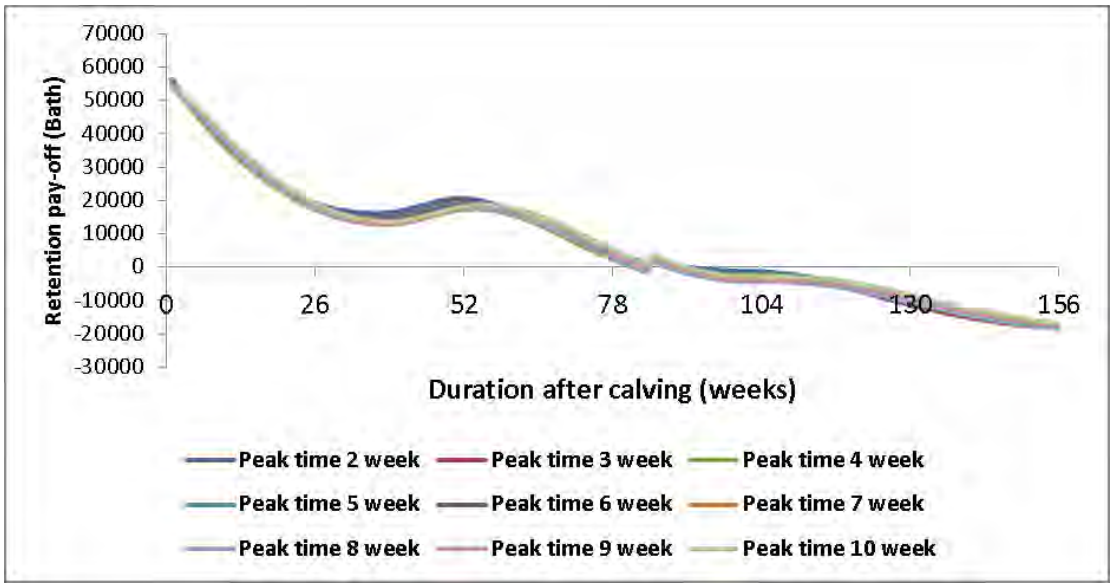
รูปที่ 9 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ลำดับการรีดนมที่1, 2 และ >2 โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



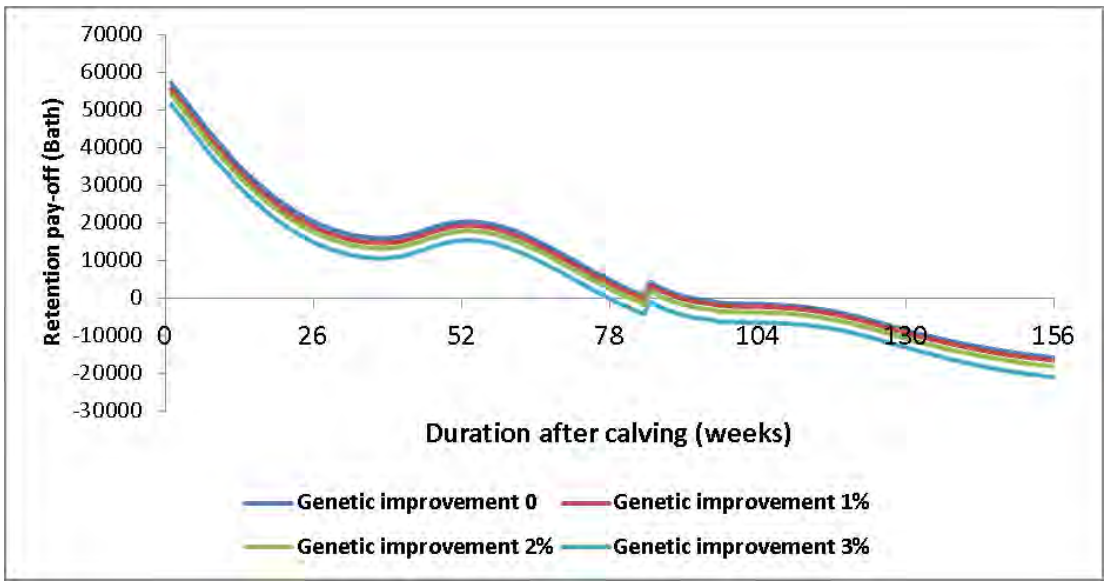
รูปที่ 10 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระดับน้ำนม 305 วันเฉลี่ยที่ 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000 และ 7500 กก.โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 11 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระดับน้ำนมเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำนม 305 วันเฉลี่ยของฟาร์มที่ 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 และ1.2เท่าโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

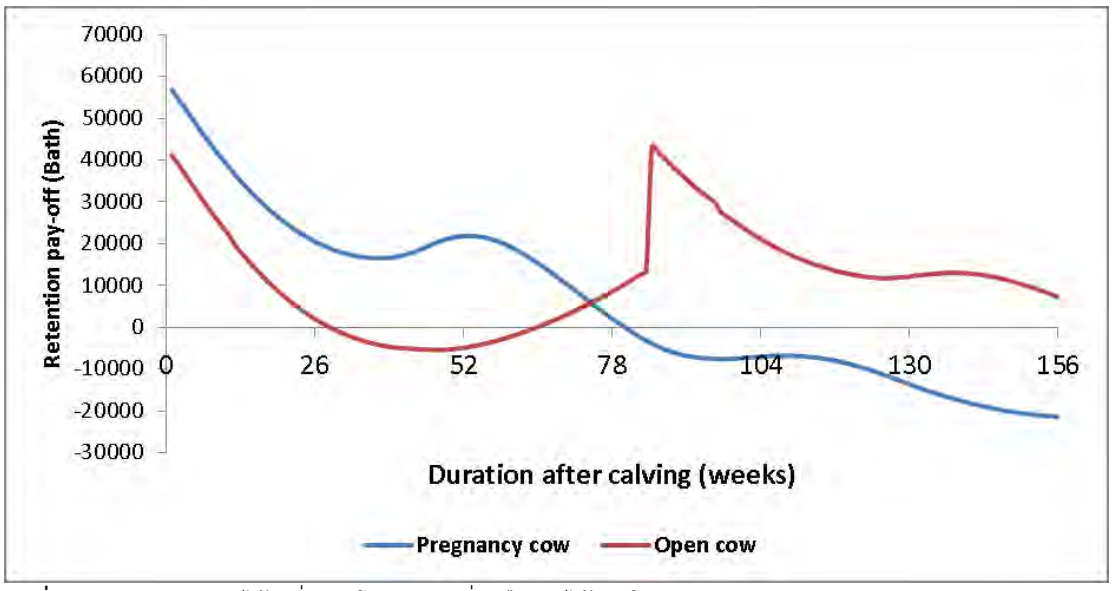


รูปที่ 12 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีเวลาที่ให้ปริมาณน้ำนมสูงสุดที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8, 9 และ 10 สัปดาห์หลังคลอด โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

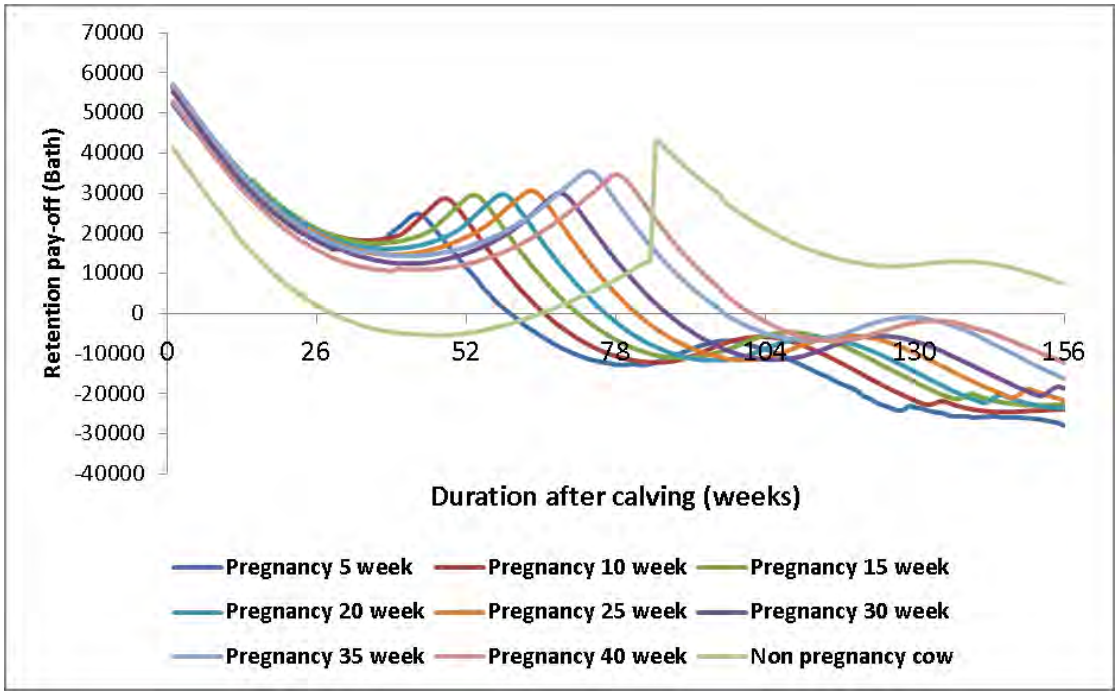


รูปที่ 13 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราการปรับปรุงพันธุ์ด้านปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น 0, 1, 2, และ 3 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

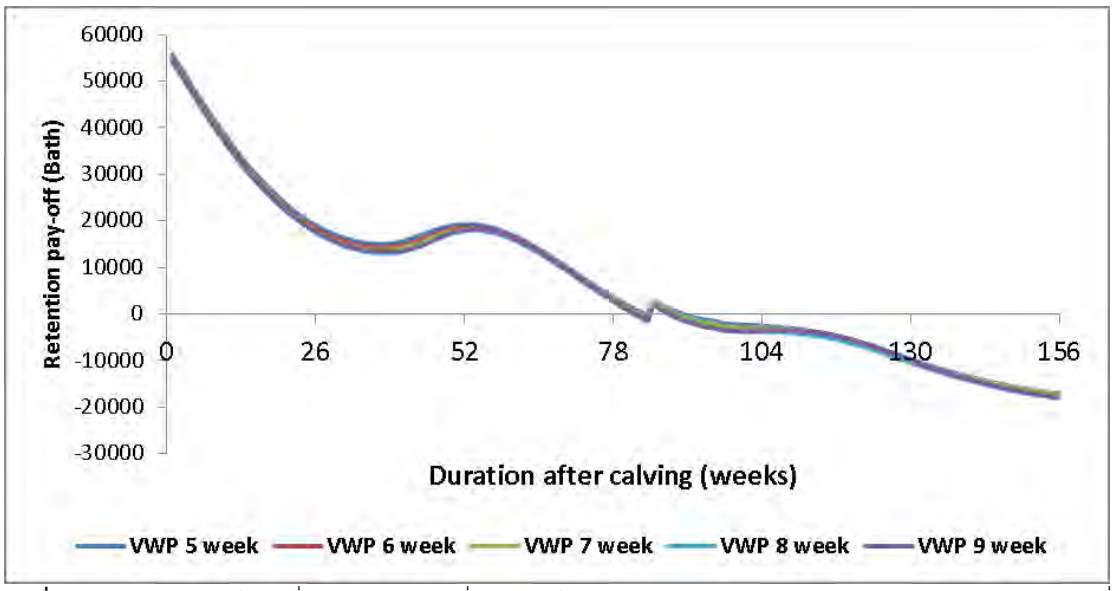
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของมูลค่า RPO ตามระยะที่ควรจะทำการทดแทนโคในระยะต่าง ๆ จากเวลาปัจจุบัน จนถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน ตามปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญในด้านสมรรถภาพของระบบสืบพันธุ์ของโค เช่น การอุ้มท้องโคเปรียบเทียบกับโคที่ไม่อุ้มท้อง (**รูปที่ 14**) พบว่าโคที่อุ้มท้องในลำดับการรีดนมปัจจุบัน มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคที่ยาวนานกว่าโคที่ไม่อุ้มท้อง อย่างไรก็ตามโคที่ไม่อุ้มท้อง จะหยุดการผสมเทียมที่ 43 สัปดาห์หลังคลอดและจะถูกทดแทนด้วยโคสาวที่มีอายุการอุ้มท้อง 9 เดือน ที่ 86 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน เมื่อทำการทดแทนโค ณ เวลาดังกล่าว จะทำให้โคไม่อุ้มท้องมีค่า RPO ที่สูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคที่สามารถอุ้มท้องที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังคลอด (**รูปที่ 15**) พบว่าโคที่ตั้งท้องเร็ว มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคที่เร็วกว่าโคที่อุ้มท้องช้า ซึ่งถ้าสามารถทดแทนโค ณ เวลาที่แบบจำลองแนะนำได้ จะทำให้ค่า RPO สูงขึ้นเช่นเดียวกับโคที่ไม่อุ้มท้องและทดแทนโคที่ 86 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน นอกจากนี้สมรรถภาพของโคในด้านระบบสืบพันธุ์มีผลต่อระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคที่แตกต่างกันไป รวมถึง ระยะเวลาที่ฟาร์มตัดสินใจเริ่มต้นผสมพันธุ์โค (**รูปที่ 16**) อัตราการผสมติด (**รูปที่ 17**) อัตราการจับสัด (**รูปที่ 18**) และระยะเวลาในการอุ้มท้องของโค (**รูปที่ 19**)



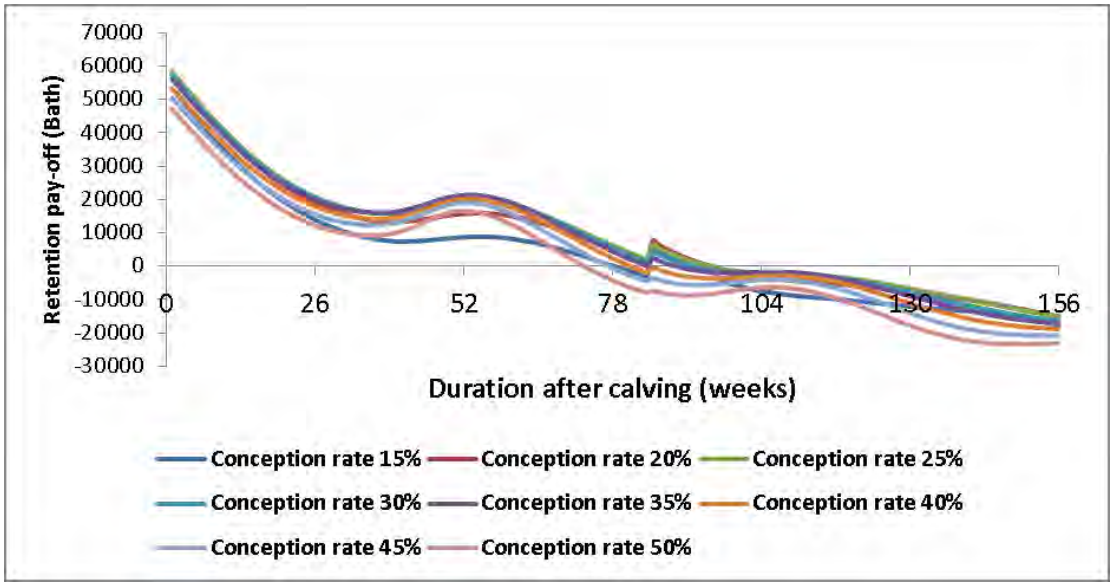
รูปที่ 14 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) เปรียบเทียบกับโคที่ไม่ท้อง โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



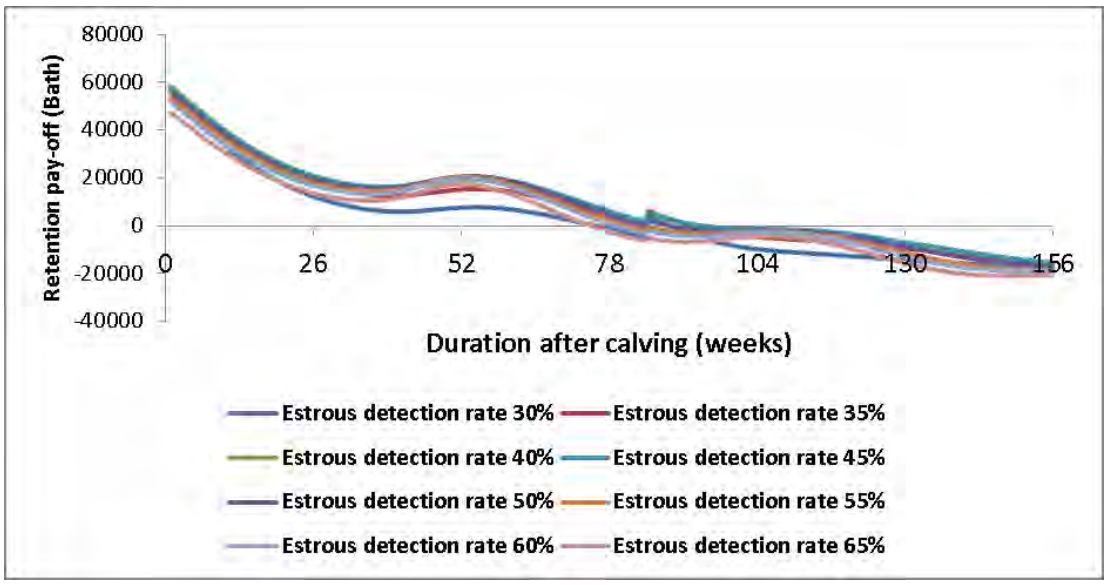
รูปที่ 15 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ที่ตั้งท้องที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 สัปดาห์หลังคลอดเปรียบเทียบกับโคที่ไม่ท้องโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



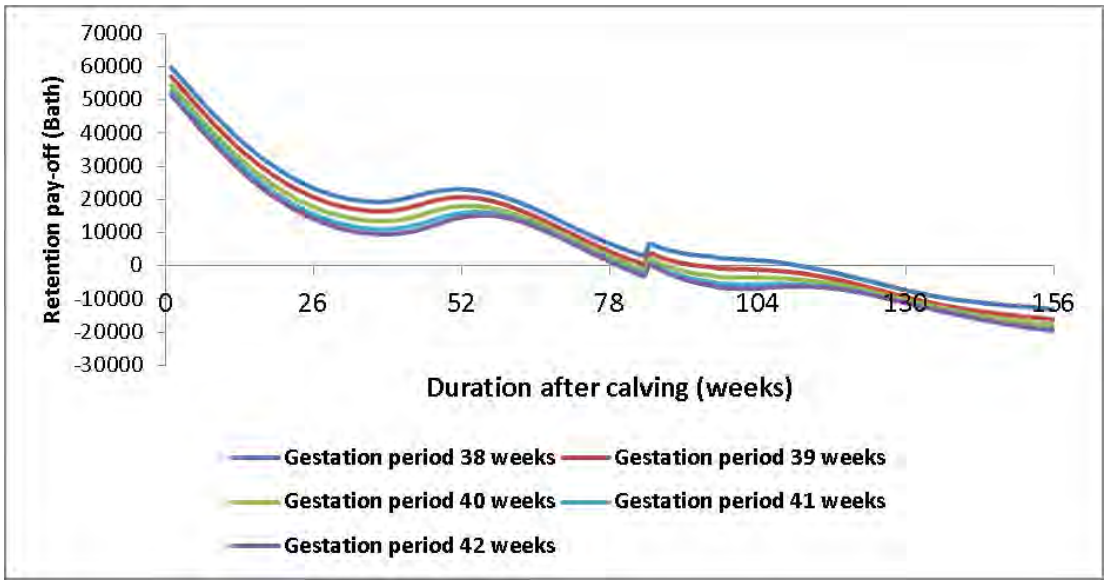
รูปที่ 16 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีเวลาที่รอก่อนจะเริ่มผสมพันธุ์หลังคลอด (voluntary waiting period, VWP) ที่5, 6, 7, 8, 8 และ 9 สัปดาห์หลังคลอดโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 17 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราการผสมติด (conception rate) ที่ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 65 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

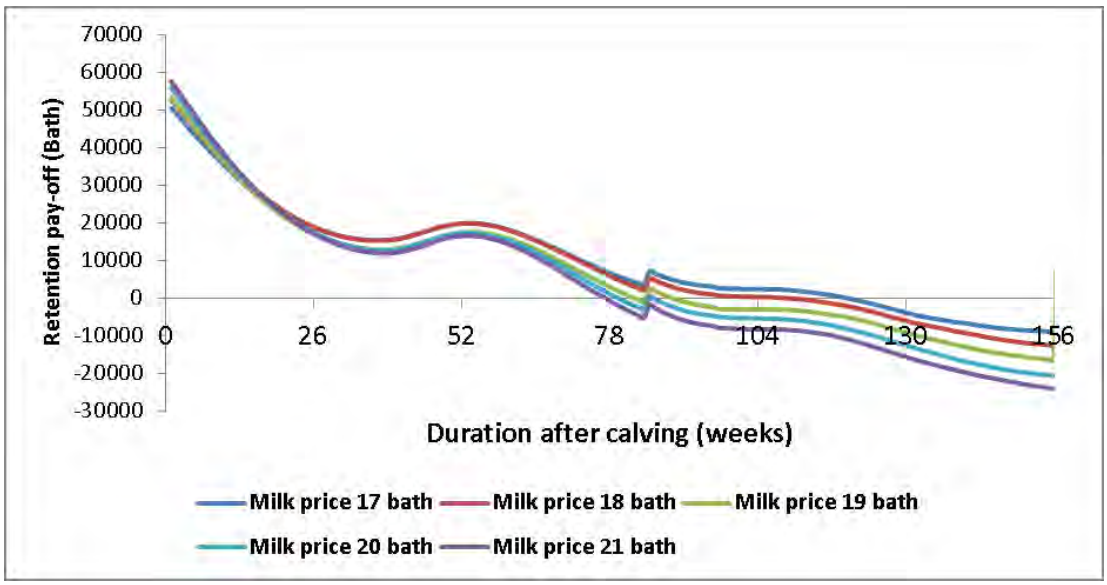


รูปที่ 18 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีอัตราจับสัด (estrous detection rate) ที่ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, และ 65 %โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

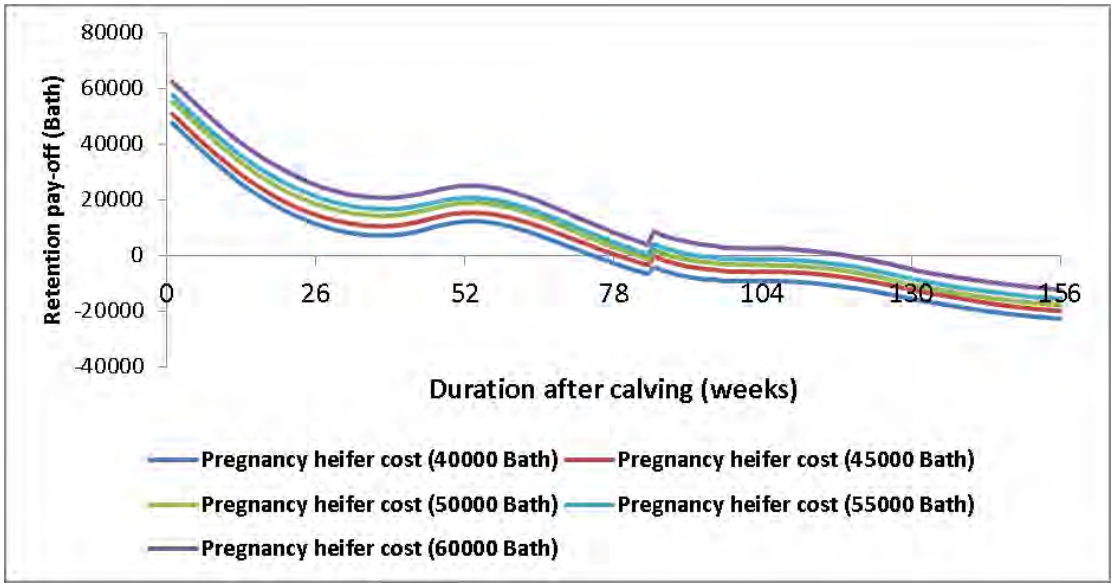


รูปที่ 19 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีระยะเวลาในการอุ้มท้องนาน38, 39, 40, 41 และ 42 สัปดาห์โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

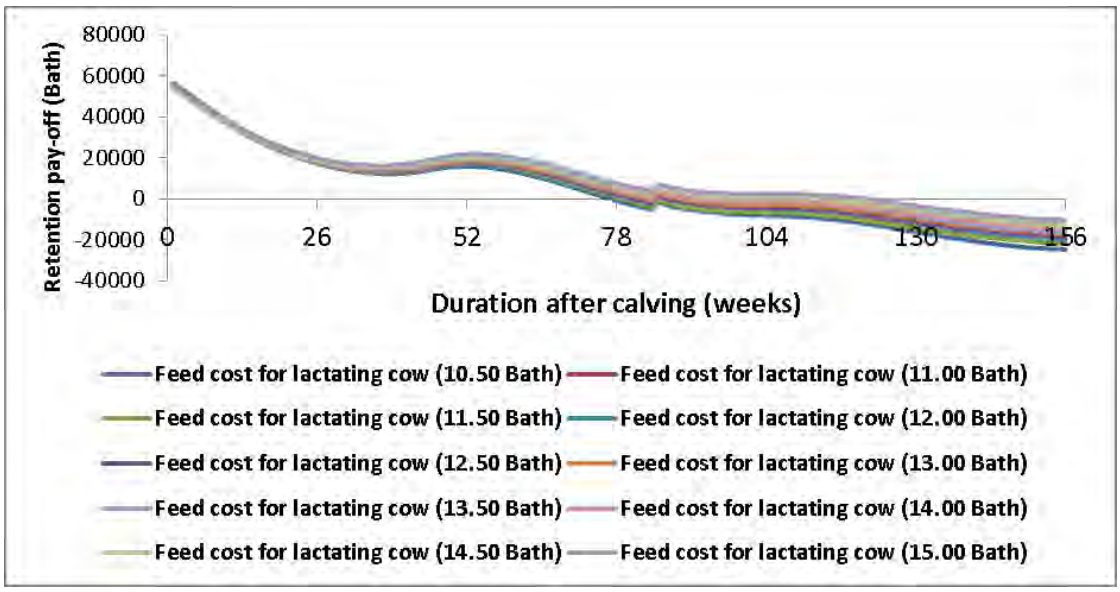
นอกจากนี้มูลค่าทางเศรษฐกิจมีผลต่อระยะเวลาที่จะทำการทดแทนโคที่แตกต่างกัน เช่น ราคาน้ำนม (**รูปที่ 20**) ราคาโคสาวอุ้มท้องทดแทน (**รูปที่ 21**) ราคาอาหารโครีดนม (**รูปที่ 22**) อัตราดอกเบี้ย (**รูปที่ 23**) เป็นต้น



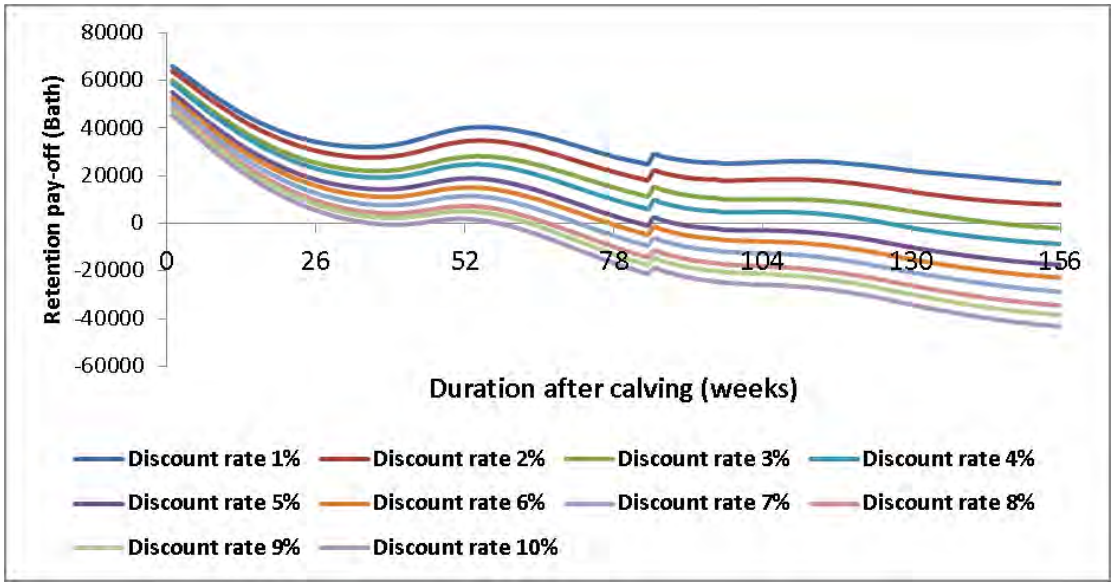
รูปที่ 20 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีรายรับจากการขายน้ำนมดิบที่ราคา 17, 18, 19, 20 และ 21 บาทต่อกก.โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 21 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีราคาการซื้อโคทดแทนพร้อมคลอดที่ราคา 40,000, 45,000, 50,000, 55,000 และ 60,000 บาทต่อตัวโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 22 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มที่มีราคาอาหารโครีดนมที่ 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5, 13, 13.5, 14, 14.5 และ15 บาทต่อกก. น้ำหนักวัตถุแห้งโดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 23 แสดงมูลค่ารายได้เฉลี่ยของโคปัจจุบันที่เหนือรายได้จากโคทดแทน (Retention Pay-off) ของโคในฟาร์มขณะที่อัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 % โดยเปรียบเทียบการทดแทนโคจากสัปดาห์แรกหลังคลอดของลำดับที่การรีดน้ำนมปัจจุบันถึง 156 สัปดาห์นับจากเวลาปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อระยะเวลาในการทดแทนโค โดยทำการทดแทนโคในทันที หรือทำการทดแทนหลังจาก 3 ปี ไปแล้วนับจากเวลาปัจจุบัน โดยผลการวิเคราะห์แบบ univariable analysis แสดงผลของปัจจัยตัวโคใน **ตารางที่ 4** และผลของปัจจัยด้านเศรษฐกิจใน **ตารางที่ 5** ตามลำดับ ปัจจัยตัวโคที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคโดยทันที ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง เวลาที่ปริมาณน้ำนมสูงสุดหลังคลอด ระยะเวลาหลังคลอดที่ฟาร์มตัดสินใจเริ่มผสมพันธุ์โค อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด การอุ้มท้องของโค ระยะเวลาที่โคกลับมาเป็นสัดหลังจากการตายของตัวอ่อน และอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการลิตน้ำนม ส่วนปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคโดยทันที ได้แก่ ราคาน้ำนม ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหาร และอัตราดอกเบี้ย ส่วนปัจจัยตัวโคที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคในระยะเวลานานกว่า 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง เวลาที่ตกไข่ของโคหลังคลอด อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด การอุ้มท้องของโค ระยะเวลาในการอุ้มท้อง และอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการลิตน้ำนม ส่วนปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคในอีก 3 ปีข้างหน้านับจากเวลาปัจจุบัน ได้แก่ ราคาน้ำนม ราคาโคสาวทดแทน ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหารโครีดนม ราคาอาหารโคแห้งนม ค่าผสมเทียมโค และอัตราดอกเบี้ย

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ของ univariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน หรือที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการทดแทนโคหลังจากให้ผลผลิตนานมากกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน

Parameters	Optimal time for replacement beginning			Optimal time for replacement later than 3 years		
	AIC	df	P-value	AIC	df	P-value
Cow status						
Parity	846,751	2	<0.001	429,399	2	<0.001
Milk production						
Average a herd 305-days milk yield (MP305) (kg)	845,624	6	NS	405,041	6	NS
Lactation value (LV)	845,648	4	<0.001	430,238	4	<0.001
Week of peak yield (PTi)	845,660	8	<0.001	429,136	8	0.14
Reproductive cycle						
Voluntary waiting period (weeks)	845,615	4	<0.001	429,107	4	NS
The first ovulation time (weeks)						
Lactation number 1	845,606	3	NS	429,104	3	0.03
Lactation number ≥ 2	845,620	3	NS	429,081	3	0.09

Parameters	Optimal time for replacement beginning			Optimal time for replacement later than 3 years		
	AIC	df	P-value	AIC	df	P-value
Probability of the ovulation after the first ovulation	845,611	7	NS	429,119	7	NS
Estrus detection rate after the first cyclicity	845,624	7	0.013	429,325	7	<0.001
Conception rate	845,638	7	0.08	429,468	7	<0.001
Pregnancy cow	855,348	1	<0.001	429,254	1	<0.001
Gestation period (weeks)	846,328	4	NS	429,178	4	<0.001
Incidence rate of disorders prolonging ovarian cyclicity	845,642	9	NS	429,104	9	NS
Timing of the occurrence of disorders (weeks)	845,620	8	NS	429,129	8	NS
Incidence rate of embryonic death	845,623	9	NS	429,138	9	NS
Recovery period from disorders	845,602	6	NS	429,105	6	NS
Recovery period from embryonic death	845,630	6	0.02	429,105	6	NS
Incidence rate of metritis	845,753	25	NS	429,216	25	NS
Percentage of genetic improvement in milk production for replacement cow (%)	847,360	3	<0.001	429,183	3	<0.001

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ของ univariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน หรือที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการให้ผลผลิตที่นานมากกว่า 3 ปีจากเวลาปัจจุบัน

Parameters	Optimal time for replacement at beginning			Optimal time for replacement later than 3 years		
	AIC	df	P-value	AIC	df	P-value
Milk price	845,698	18	<0.001	429,640	18	<0.001
9-months pregnant heifer price	845,705	20	NS	429,760	20	<0.001
Calve price	845,683	15	NS	429,166	15	NS
Involuntary culling cost	845,679	15	0.02	429,465	15	<0.001
Voluntary Culling cost	845,637	10	NS	429,138	10	NS
Feed cost for lactating cow	845,704	18	NS	429,486	18	<0.001
Feed cost for dry cow	845,673	26	0.03	429,416	26	<0.001
Average treatment cost per treatment	845,625	6	NS	429,094	6	NS
Insemination cost	845,667	13	NS	429,212	13	<0.001
Real interest rate	845,665	9	0.001	437,147	9	<0.001

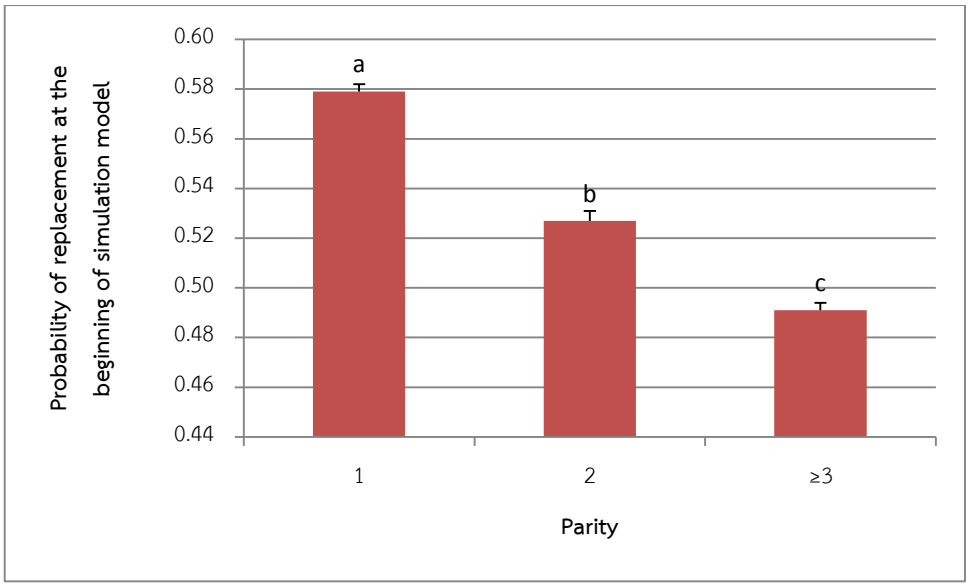
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ของ multivariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค และปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการทดแทนโค ณ เวลาปัจจุบัน

	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
Intercept		0.38					
Parity	**1**	0.36	0.01	<0.01	1.43	1.40	1.46
	2	0.15	0.01	<0.01	1.16	1.13	1.19
	≥3	**Ref.**					
Lactation value	**0.8**	-0.14	0.03	<0.01	0.87	0.82	0.92
	0.9	-0.07	0.02	<0.01	0.93	0.89	0.98
	1	-0.05	0.02	0.033	0.95	0.91	1.00
	1.1	0.002	0.02	NS	1.00	0.96	1.05
	1.2	**Ref.**					

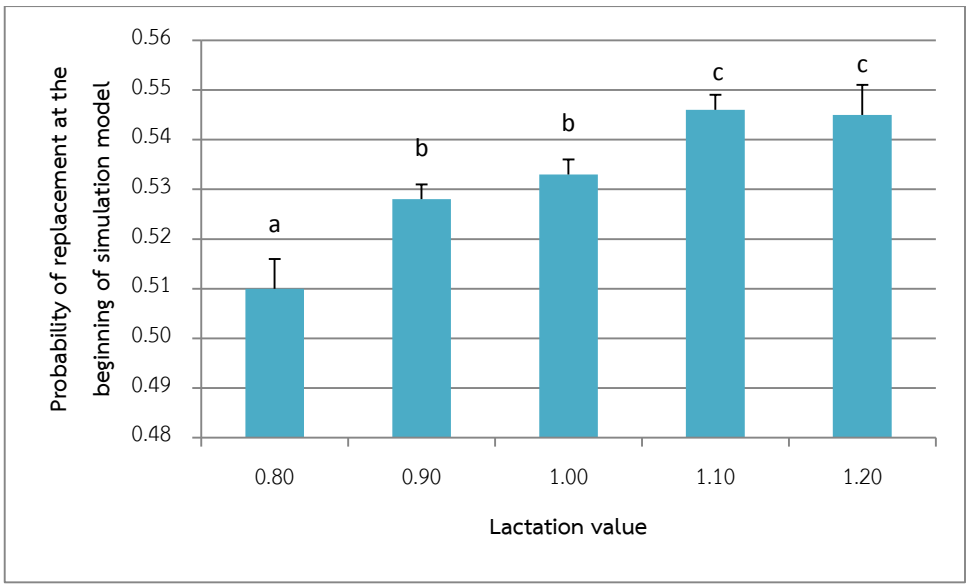
	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
Estrus detection rate after the first cyclicity	0.3	0.04	0.02	0.069	1.04	1.00	1.10
	0.35	0.02	0.02	NS	1.02	0.98	1.06
	0.4	-0.01	0.02	NS	0.99	0.95	1.03
	0.45	-0.02	0.02	NS	0.98	0.94	1.02
	0.5	-0.02	0.02	NS	0.98	0.94	1.02
	0.55	0.01	0.02	NS	1.01	0.97	1.05
	0.6	-0.01	0.02	NS	0.99	0.95	1.03
	0.65	Ref.					
Conception rate	0.15	0.004	0.02	NS	1.00	0.96	1.05
	0.2	-0.02	0.02	NS	0.98	0.94	1.02
	0.25	-0.05	0.02	0.022	0.95	0.92	0.99
	0.3	-0.05	0.02	0.029	0.96	0.92	1.00
	0.35	-0.05	0.02	0.024	0.95	0.92	0.99
	0.4	-0.04	0.02	0.039	0.96	0.92	1.00
	0.45	-0.02	0.02	NS	0.98	0.94	1.02
	0.5	Ref.					
Percentage of genetic improvement in milk production for replacement cow (%)	0	-0.59	0.02	<0.01	0.56	0.54	0.57
	1	-0.38	0.01	<0.01	0.68	0.66	0.70
	2	-0.18	0.01	<0.01	0.83	0.81	0.86
	3	Ref.					
Week of peak yield (weeks)	2	-0.13	0.04	<0.01	0.88	0.82	0.95
	3	-0.09	0.03	<0.01	0.92	0.87	0.97
	4	-0.04	0.03	NS	0.96	0.91	1.01
	5	-0.03	0.03	NS	0.97	0.93	1.02
	6	-0.03	0.03	NS	0.97	0.93	1.02
	7	0.01	0.03	NS	1.01	0.96	1.06
	8	0.01	0.03	NS	1.01	0.96	1.06

	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
	9	0.02	0.03	NS	1.02	0.97	1.07
	10	**Ref.**					
Involuntary culling cost (Bath)	**10000**	-0.02	0.04	NS	0.98	0.91	1.05
	11000	-0.07	0.03	0.015	0.93	0.88	0.99
	12000	-0.06	0.03	0.047	0.94	0.89	1.00
	13000	-0.01	0.03	NS	0.99	0.94	1.05
	14000	-0.03	0.03	NS	0.97	0.91	1.03
	15000	-0.05	0.03	NS	0.95	0.90	1.01
	16000	-0.02	0.03	NS	0.98	0.92	1.04
	17000	-0.04	0.03	NS	0.96	0.90	1.02
	18000	-0.02	0.03	NS	0.98	0.92	1.04
	19000	-0.03	0.03	NS	0.97	0.91	1.03
	20000	-0.01	0.03	NS	0.99	0.93	1.05
	21000	0.02	0.03	NS	1.02	0.96	1.08
	22000	-0.04	0.03	NS	0.96	0.90	1.02
	23000	-0.05	0.03	NS	0.96	0.90	1.02
	24000	-0.02	0.03	NS	0.98	0.92	1.04
	25000	**Ref.**					
Real interest rate	**0.01**	0.09	0.03	<0.01	1.10	1.04	1.16
	0.02	0.04	0.02	0.078	1.04	1.00	1.11
	0.03	0.02	0.02	NS	1.02	0.98	1.07
	0.04	0.02	0.02	NS	1.02	0.98	1.07
	0.05	-0.003	0.02	NS	1.00	0.95	1.04
	0.06	0.02	0.02	NS	1.02	0.98	1.07
	0.07	0.03	0.02	NS	1.03	0.98	1.08
	0.08	-0.01	0.02	NS	0.99	0.95	1.04
	0.09	-0.004	0.02	NS	1.00	0.95	1.04
	0.1	**Ref.**					

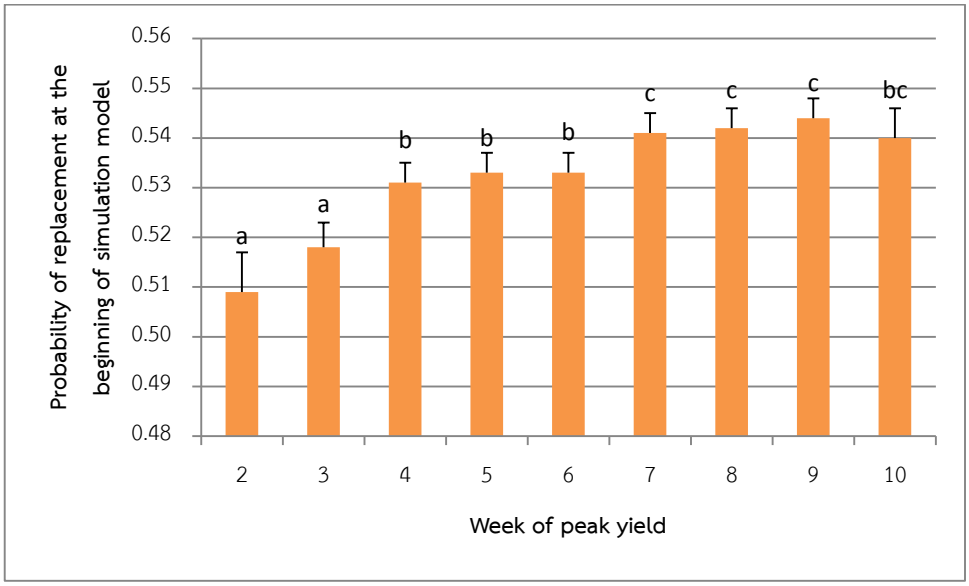
ผลการวิเคราะห์แบบ multivariable analysis พบว่าปัจจัยตัวโคและปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคโดยทันที ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง เวลาที่ปริมาณน้ำนมสูงสุดหลังคลอด อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด และอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการลิตน้ำนม ส่วนปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคโดยทันที ได้แก่ ราคาโคคัดทิ้ง และอัตราดอกเบี้ย ดังแสดงรายละเอียดใน **ตารางที่ 6** และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยที่สำคัญในแต่ละกลุ่มภายในปัจจัยเดียวกันผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า โคในลำดับการรีดนมที่ 1 โคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงสูง เวลาที่ปริมาณน้ำนมสูงสุดหลังคลอดช้า โคที่มีอัตราการจับสัดต่ำมากหรือสูงมาก หรือโคที่มีอัตราการผสมติดต่ำมากหรือสูงมาก อัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนมสูงและอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำ มีโอกาสที่เหมาะสมในการทดแทนโคโดยทันทีมากกว่า ดังแสดงใน **รูปที่ 24-27** จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากในการทดแทนโคโดยทันที ได้แก่ ปัจจัยในด้านอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนมพบว่า การยกระดับพันธุกรรมเพิ่มปริมาณน้ำนมในโคทดแทนขึ้นที่ระดับสูงสุดที่ 3 % อัตราการทดแทนโคโดยทันทีมีความเหมาะสมมากกว่าการที่ไม่ได้ยกระดับพันธุกรรมถึง 12%



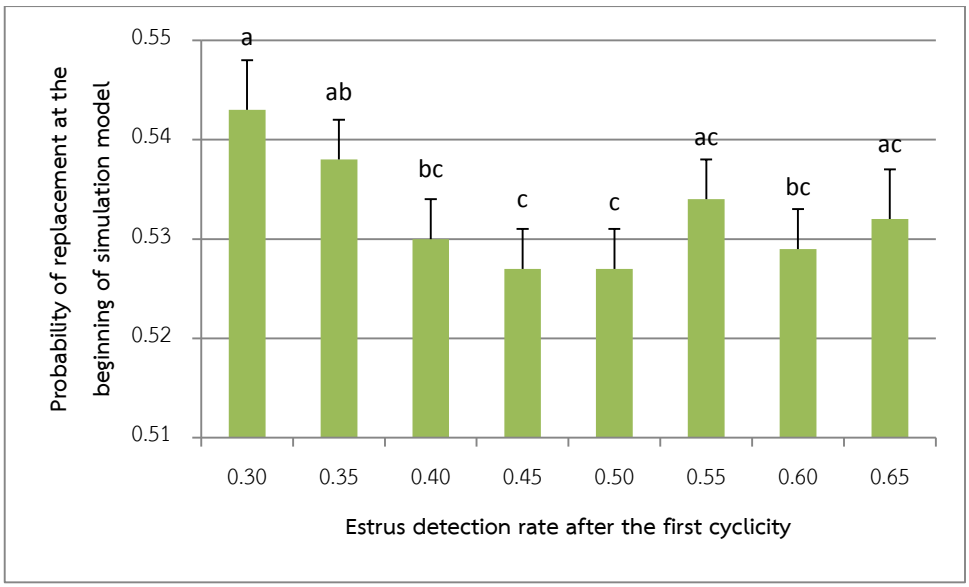
รูปที่ 24 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคมีลำดับการรีดนมต่าง ๆ โดย a, b, และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



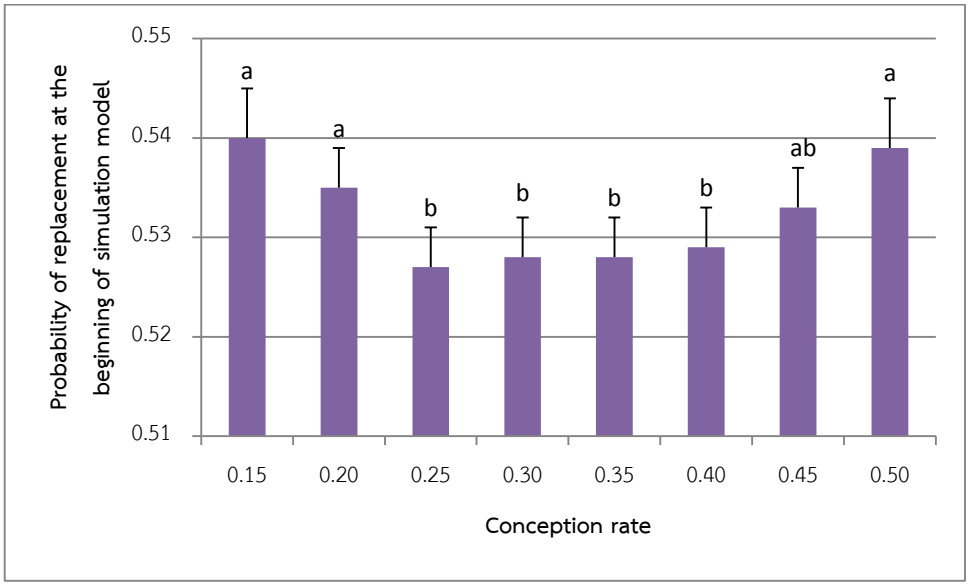
รูปที่ 25 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคมีปริมาณน้ำนมเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงในระดับต่าง ๆ โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



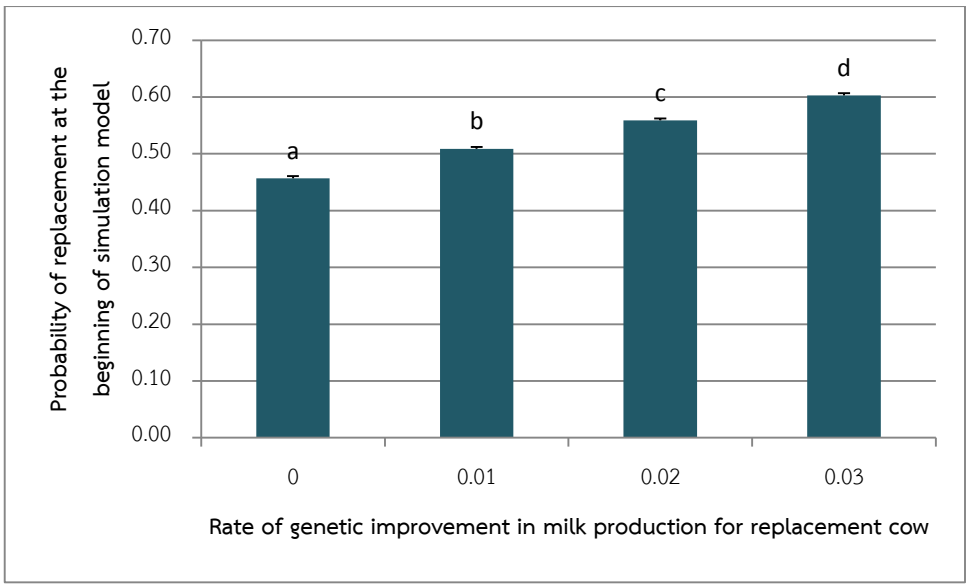
รูปที่ 26 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุดที่เวลาหลังคลอดต่าง ๆ กัน โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



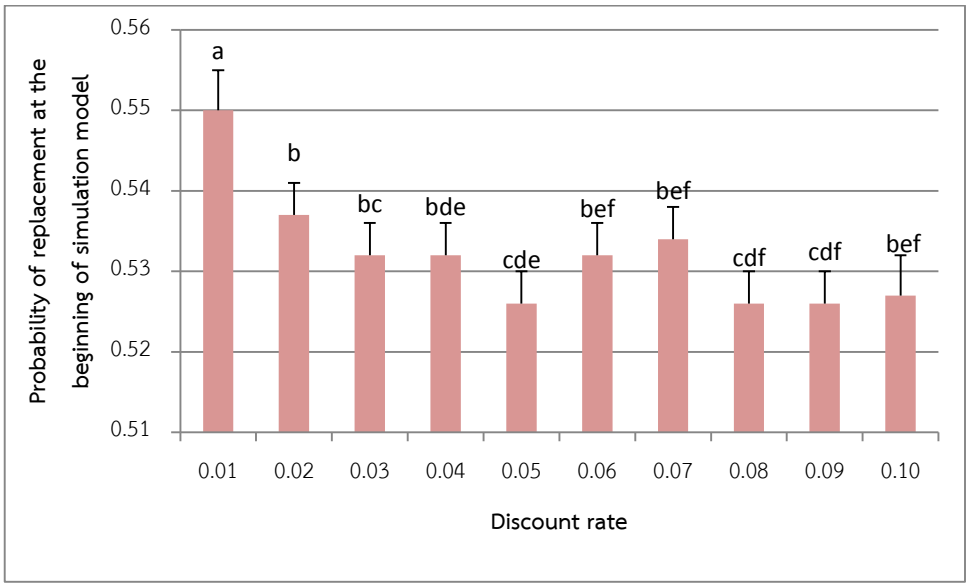
รูปที่ 27 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคมีอัตราการจับสัดในระดับต่าง ๆ โดย a, b และ cแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



รูปที่ 28 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่โคอัตราการผสมติดในระดับต่าง ๆ โดย a และ b แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



รูปที่ 29 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่ฟาร์มเลือกที่จะเพิ่มระดับความสามารถในทางพันธุกรรมในการทดแทนโคนมที่มีปริมาณน้ำนมสูงขึ้นที่ระดับต่าง ๆ กัน โดย a, b, c, และdแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



รูปที่ 30 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวทันที ในกรณีที่ในสภาวะที่อัตราดอกเบี้ยที่แตกต่างกันในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e และ f แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ของ multivariable analysis ที่แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยของตัวโค และปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อสมรรถภาพของโคที่จะมีความคุ้มค่าในการให้ผลผลิตที่นานมากกว่า 3 ปีจากเวลาปัจจุบัน

	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
Intercept		-3.94					
Parity	1	0.25	0.019	<0.01	1.28	1.23	1.33
	2	0.07	0.02	<0.01	1.07	1.03	1.12
	≥3	Ref.					
Lactation value	0.8	0.75	0.054	<0.01	2.12	1.93	2.38
	0.9	0.62	0.044	<0.01	1.86	1.71	2.03
	1	0.37	0.043	<0.01	1.44	1.33	1.57
	1.1	0.13	0.045	<0.01	1.14	1.04	1.25
	1.2	Ref.					
Estrus detection rate after the first cyclicity	0.3	1.14	0.192	<0.01	3.14	2.16	4.57
	0.35	1.19	0.171	<0.01	3.28	2.35	4.59
	0.4	1.11	0.172	<0.01	3.05	2.17	4.26
	0.45	1.02	0.173	<0.01	2.78	1.98	3.90
	0.5	0.70	0.176	<0.01	2.01	1.42	2.83
	0.55	0.45	0.179	0.012	1.57	1.11	2.23
	0.6	0.19	0.184	NS	1.21	0.84	1.73
	0.65	Ref.					
Conception rate	0.15	1.37	0.186	<0.01	3.95	2.75	5.69
	0.2	1.37	0.17	<0.01	3.95	2.83	5.51
	0.25	1.38	0.17	<0.01	3.97	2.85	5.54
	0.3	1.04	0.172	<0.01	2.82	2.02	3.95
	0.35	0.77	0.175	<0.01	2.16	1.53	3.04
	0.4	0.38	0.18	0.033	1.47	1.03	2.09
	0.45	0.04	0.188	NS	1.04	0.72	1.50
	0.5	Ref.					
Gestation period (weeks)	38	0.26	0.065	<0.01	1.30	1.14	1.47
	39	0.15	0.053	<0.01	1.17	1.05	1.29

	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
	40	0.08	0.052	NS	1.08	0.98	1.20
	41	-0.01	0.053	NS	1.00	0.90	1.10
	42	**Ref.**					
Percentage of genetic improvement in milk production for replacement cow (%)	**0**	0.21	0.029	<0.01	1.24	1.17	1.31
	1	0.16	0.026	<0.01	1.17	1.12	1.24
	2	0.10	0.026	<0.01	1.11	1.05	1.16
	3	**Ref.**					
Milk price (Bath)	**17**	0.37	0.069	<0.01	1.44	1.26	1.65
	17.25	0.49	0.06	<0.01	1.63	1.45	1.84
	17.5	0.33	0.061	<0.01	1.39	1.23	2.72
	17.75	0.35	0.061	<0.01	1.41	1.25	1.59
	18	0.38	0.061	<0.01	1.45	1.29	1.64
	18.25	0.21	0.061	<0.01	1.23	1.10	1.39
	18.5	0.27	0.061	<0.01	1.31	1.16	1.47
	18.75	0.29	0.061	<0.01	1.33	1.18	1.50
	19	0.22	0.061	<0.01	1.24	1.10	1.40
	19.25	0.16	0.062	0.011	1.17	1.04	1.32
	19.5	0.11	0.062	0.067	1.12	0.99	1.26
	19.75	0.16	0.061	<0.01	1.18	1.04	1.33
	20	0.09	0.062	NS	1.10	0.97	1.24
	20.25	0.13	0.062	0.029	1.14	1.01	1.29
	20.5	0.03	0.062	NS	1.03	0.91	1.16
	20.75	0.08	0.062	NS	1.08	0.96	1.22
	21	0.07	0.062	NS	1.07	0.94	1.20
	21.25	0.01	0.062	NS	1.01	0.89	1.14
	21.5	**Ref.**					
9-months pregnant heifer price (Bath)	**40000**	-0.58	0.074	<0.01	0.56	0.49	0.65

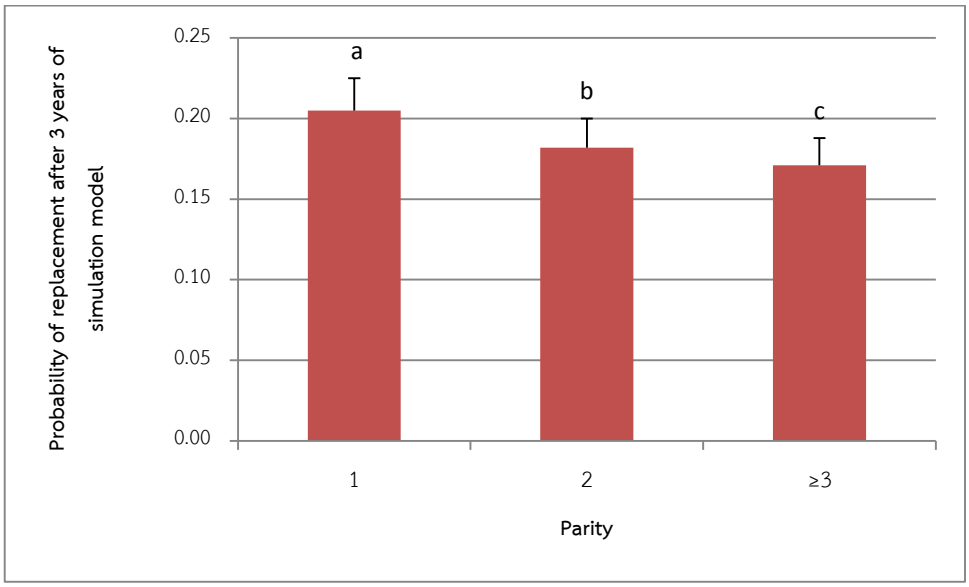
	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
	41000	-0.45	0.061	<0.01	0.64	0.57	0.72
	42000	-0.49	0.061	<0.01	0.62	0.55	0.69
	43000	-0.46	0.061	<0.01	0.63	0.56	0.72
	44000	-0.46	0.061	<0.01	0.63	0.56	0.71
	45000	-0.39	0.061	<0.01	0.68	0.60	0.76
	46000	-0.33	0.061	<0.01	0.72	0.64	0.81
	47000	-0.39	0.061	<0.01	0.68	0.60	0.77
	48000	-0.23	0.06	<0.01	0.80	0.71	0.90
	49000	-0.28	0.06	<0.01	0.76	0.67	0.85
	50000	-0.24	0.06	<0.01	0.79	0.70	0.89
	51000	-0.21	0.06	<0.01	0.81	0.72	0.91
	52000	-0.25	0.06	<0.01	0.78	0.70	0.88
	53000	-0.24	0.06	<0.01	0.79	0.70	0.89
	54000	-0.13	0.06	0.034	0.88	0.78	0.99
	55000	-0.16	0.06	<0.01	0.86	0.76	0.96
	56000	-0.09	0.059	NS	0.92	0.82	1.03
	57000	-0.07	0.059	NS	0.94	0.83	1.05
	58000	-0.05	0.059	NS	0.95	0.85	1.07
	59000	-0.05	0.059	NS	0.95	0.84	1.07
	60000	**Ref.**					
Involuntary culling cost (Bath)	**10000**	0.36	0.062	<0.01	1.43	1.26	1.61
	11000	0.29	0.055	<0.01	1.34	1.21	1.49
	12000	0.30	0.055	<0.01	1.35	1.21	1.50
	13000	0.28	0.055	<0.01	1.33	1.19	1.48
	14000	0.20	0.055	<0.01	1.22	1.09	1.36
	15000	0.19	0.055	<0.01	1.21	1.08	1.35
	16000	0.27	0.055	<0.01	1.31	1.17	1.45
	17000	0.14	0.056	<0.01	1.15	1.03	1.29
	18000	0.11	0.056	0.042	1.12	1.00	1.25
	19000	0.19	0.055	<0.01	1.20	1.08	1.34

	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
	20000	0.10	0.056	0.076	1.10	0.99	1.23
	21000	0.00	0.056	NS	1.00	0.89	1.11
	22000	0.09	0.056	NS	1.09	0.98	1.22
	23000	-0.02	0.056	NS	0.98	0.88	1.10
	24000	0.03	0.056	NS	1.03	0.92	1.14
	25000	**Ref.**					
Feed cost for lactating cow (Bath)	**10.5**	-0.42	0.068	<0.01	0.66	0.52	0.75
	10.75	-0.31	0.058	<0.01	0.73	0.65	0.82
	11	-0.28	0.058	<0.01	0.76	0.68	0.85
	11.25	-0.34	0.058	<0.01	0.71	0.64	0.80
	11.5	-0.36	0.058	<0.01	0.70	0.62	0.78
	11.75	-0.39	0.058	<0.01	0.68	0.60	0.76
	12	-0.28	0.058	<0.01	0.76	0.68	0.85
	12.25	-0.27	0.058	<0.01	0.76	0.68	0.86
	12.5	-0.28	0.058	<0.01	0.76	0.68	0.85
	12.75	-0.23	0.058	<0.01	0.79	0.71	0.89
	13	-0.26	0.058	<0.01	0.77	0.69	0.86
	13.25	-0.20	0.057	<0.01	0.82	0.74	0.92
	13.5	-0.17	0.058	<0.01	0.85	0.76	0.95
	13.75	-0.17	0.057	<0.01	0.84	0.75	0.94
	14	-0.14	0.057	0.013	0.87	0.78	0.97
	14.25	-0.11	0.057	0.051	0.89	0.80	1.00
	14.5	-0.05	0.057	NS	0.95	0.85	1.06
	14.75	-0.07	0.057	NS	0.94	0.84	1.05
	15	**Ref.**					
Insemination cost	**200**	-0.10	0.059	0.105	0.91	0.81	1.02
	300	-0.12	0.051	0.017	0.89	0.80	0.98
	400	-0.04	0.051	NS	0.96	0.87	1.06
	500	-0.06	0.051	NS	0.94	0.85	1.04
	600	-0.03	0.051	NS	0.97	0.88	1.08

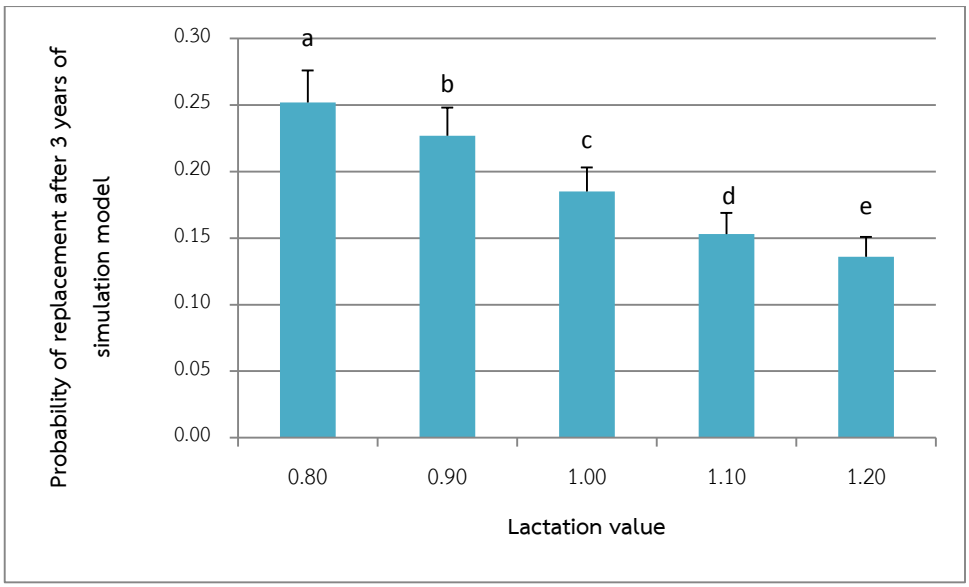
	Category	Coefficient	SE	*P*-value	OR	OR Lower 95%CI	OR Upper 95%CI
	700	0.00	0.051	NS	1.00	0.90	1.10
	800	0.03	0.05	NS	1.03	0.94	1.14
	900	0.02	0.05	NS	1.02	0.92	1.13
	1000	0.00	0.05	NS	1.00	0.91	1.11
	1100	0.07	0.05	NS	1.07	0.97	1.18
	1200	0.02	0.05	NS	1.02	0.93	1.13
	1300	0.00	0.05	NS	1.00	0.91	1.11
	1400	0.02	0.05	NS	1.02	0.93	1.13
	1500	**Ref.**					
Real interest rate	**0.01**	1.89	0.054	<0.01	6.63	5.97	7.37
	0.02	1.70	0.05	<0.01	5.49	4.98	6.06
	0.03	1.44	0.05	<0.01	4.20	3.81	4.64
	0.04	1.25	0.05	<0.01	3.49	3.16	3.85
	0.05	1.03	0.051	<0.01	2.79	2.52	3.08
	0.06	0.79	0.052	<0.01	2.19	1.98	2.43
	0.07	0.58	0.052	<0.01	1.79	1.62	1.98
	0.08	0.36	0.053	<0.01	1.43	1.29	1.59
	0.09	0.21	0.054	<0.01	1.23	1.11	1.37
	0.1	**Ref.**					
Interaction between estrous detection and conception rate				<0.01			

ผลการวิเคราะห์แบบ multivariable analysis พบว่าปัจจัยตัวโคและปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อเวลาที่ต้องทดแทนโคในระยะเวลาที่นานกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด ระยะเวลาในการอุ้มท้อง และอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนม ราคาน้ำนม ราคาโคสาวทดแทน ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหารโครีดนม ค่าผสมเทียมโค และอัตราดอกเบี้ยดังแสดงรายละเอียดใน **ตารางที่ 7** และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยที่สำคัญในแต่ละกลุ่มภายในปัจจัยเดียวกันผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า โคลำดับที่การรีดนมที่ 1 โคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงต่ำโคที่มีอัตราการจับสัดที่ 0.20-0.35 โคที่มีอัตราการผสมติดที่ 0.35-0.55 ระยะเวลาในการอุ้มท้องต่ำ อัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนมที่ต่ำ ราคาน้ำนมที่ต่ำ ราคาโค

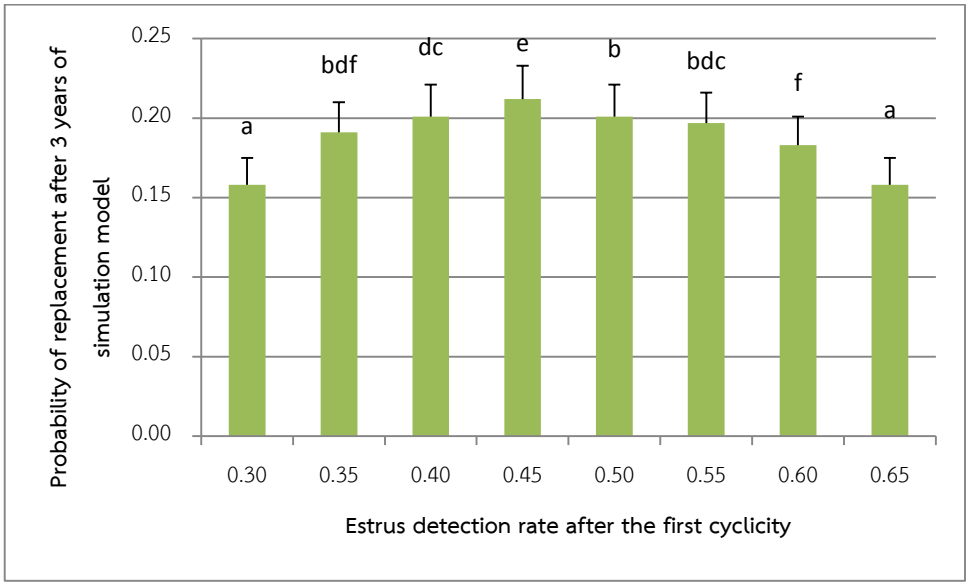
สาวทดแทนที่สูง ราคาโคคัดทิ้งที่ต่ำ ราคาอาหารโครีดนมที่สูง ค่าผสมเทียมโคที่สูงและ อัตราดอกเบี้ยที่ต่ำ มีโอกาสเหมาะสมในการทดแทนโค ในระยะเวลาที่นานกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน ดังแสดงใน **รูปที่ 31-42** จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากในการทดแทนโคในระยะเวลาที่นานกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน ได้แก่ ปัจจัยด้านอัตราดอกเบี้ย โดยที่อัตราดอกเบี้ยต่ำสุดที่ 1% มีความเหมาะสมของการทดแทนโคนานกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน มีอัตราที่สูงกว่ากรณีที่อัตราดอกเบี้ยสูงสุดที่ 10 % ถึง 30% และปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 2 ได้แก่ สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง พบว่าโคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมที่ต่ำสุดที่ 0.8 เท่าของค่าเฉลี่ยของฝูง ความเหมาะสมของการทดแทนโคนานกว่า 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน มีอัตราที่สูงกว่ากรณีโคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมที่สูงสุดที่ 1.2 เท่าของค่าเฉลี่ยของฝูง ที่ 12%



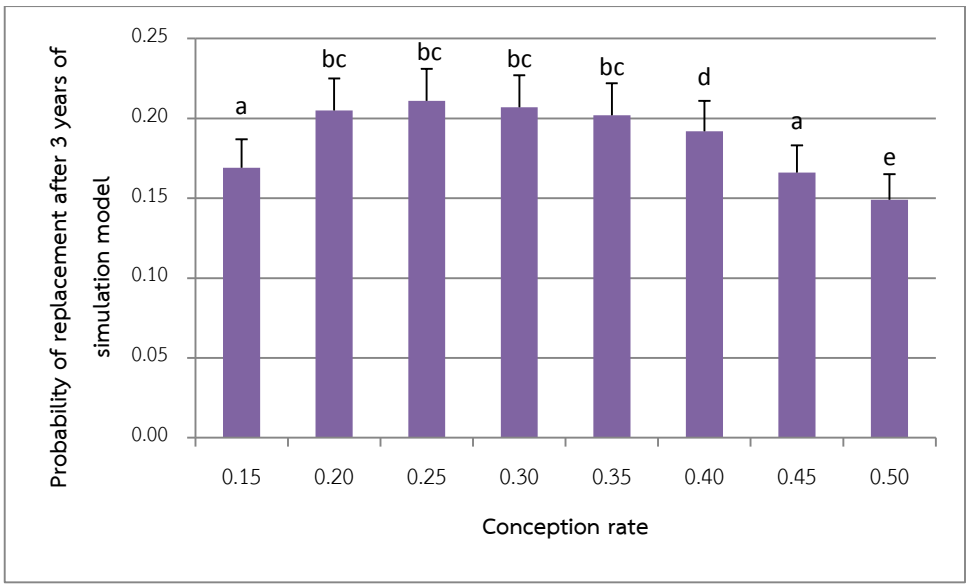
รูปที่ 31 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคมีลำดับการรีดนมต่าง ๆ โดย a, b และ c แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



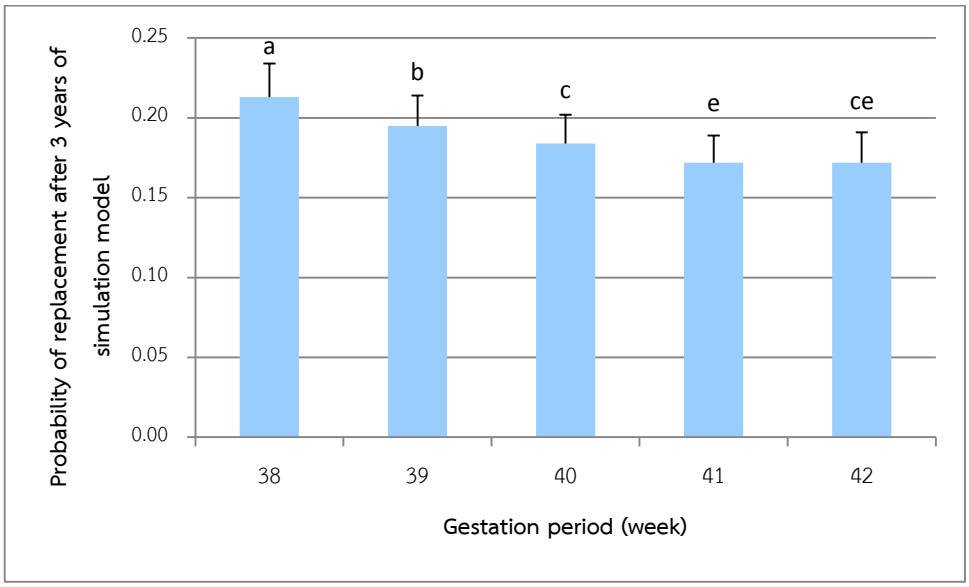
รูปที่ 32 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคสมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูงในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ eแสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



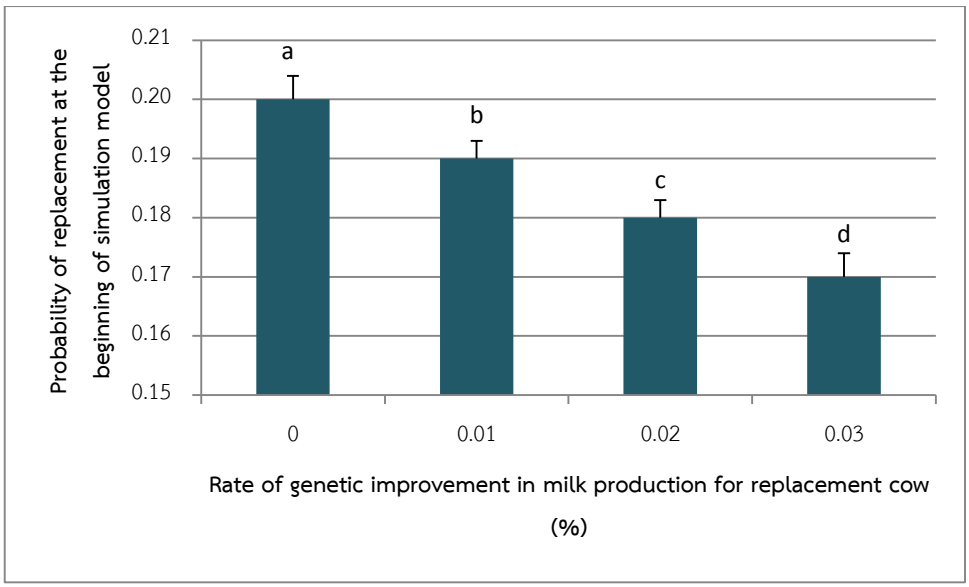
รูปที่ 33 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่โคอัตราการเป็นสัดในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e และ f แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



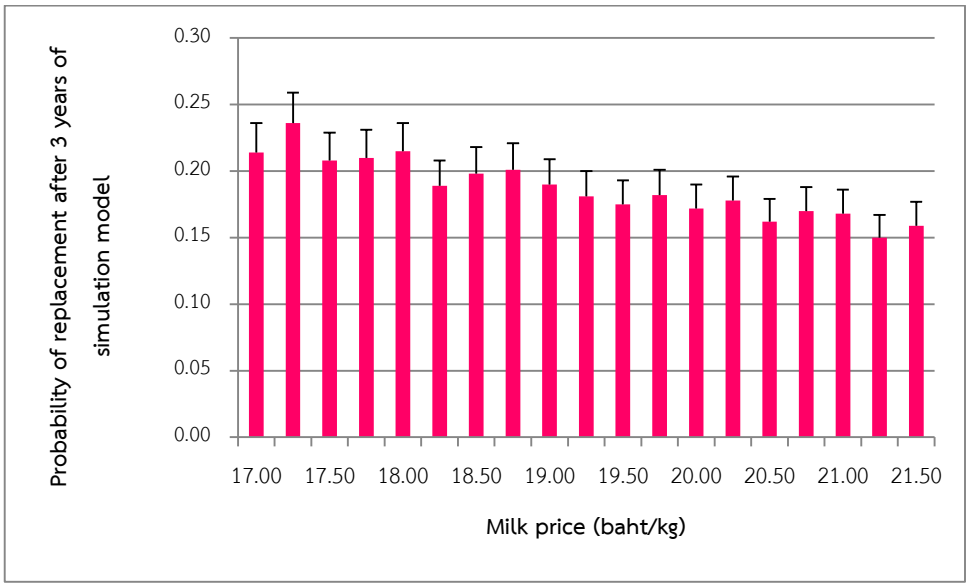
รูปที่ 34 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่โคอัตราการผสมติดในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ e แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



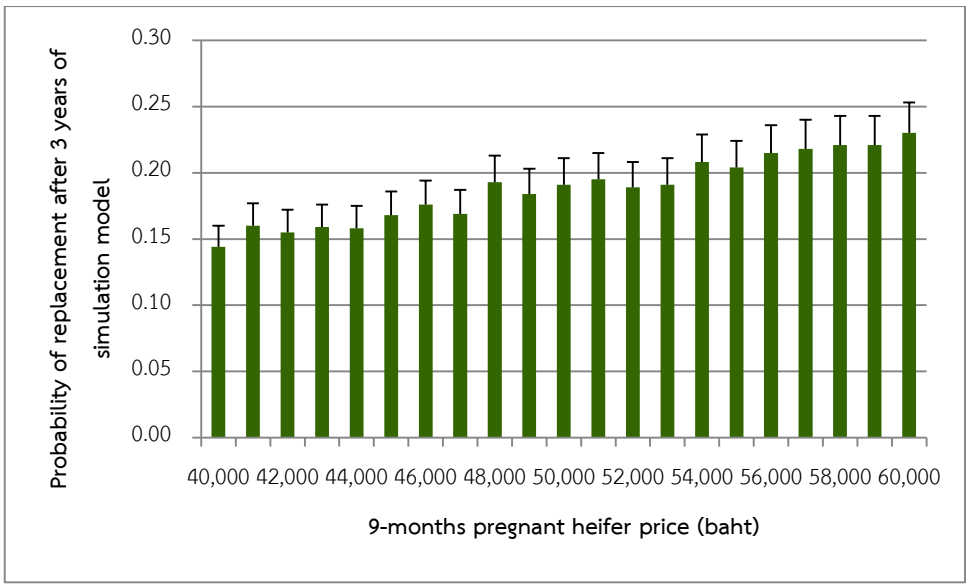
รูปที่ 35 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่โคที่มีระยะเวลาในการอุ้มท้องในระยะเวลาต่าง ๆ โดย a, b, c, d และ e แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



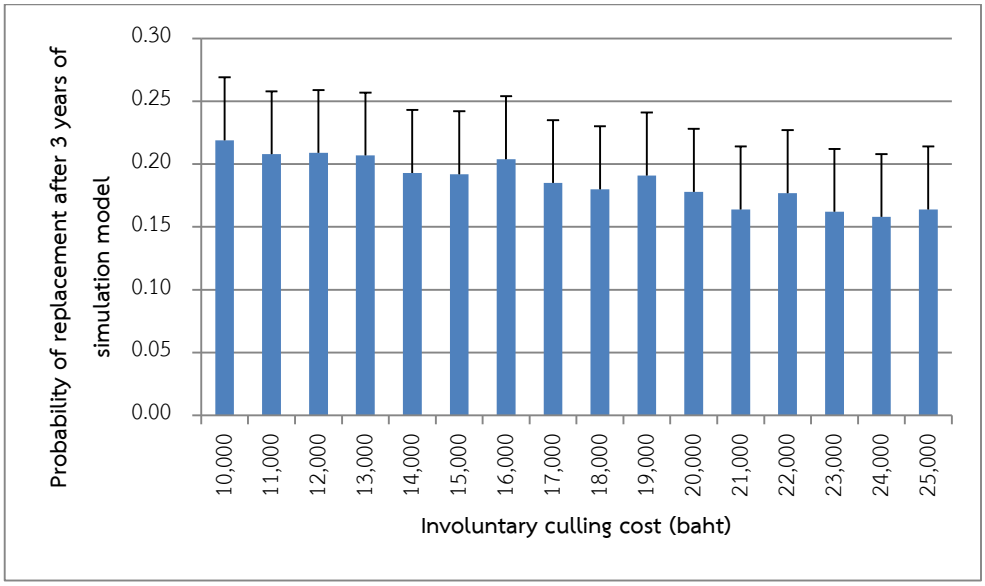
รูปที่ 36 แสดงความน่าจะเป็นของโคภายในฟาร์มที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคหลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบัน ในกรณีที่ฟาร์มเลือกที่จะเพิ่มระดับความสามารถในทางพันธุกรรมในการทดแทนโคนมที่มีปริมาณน้ำนมสูงขึ้นที่ระดับต่าง ๆ กัน โดย a, b, c และ d แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$



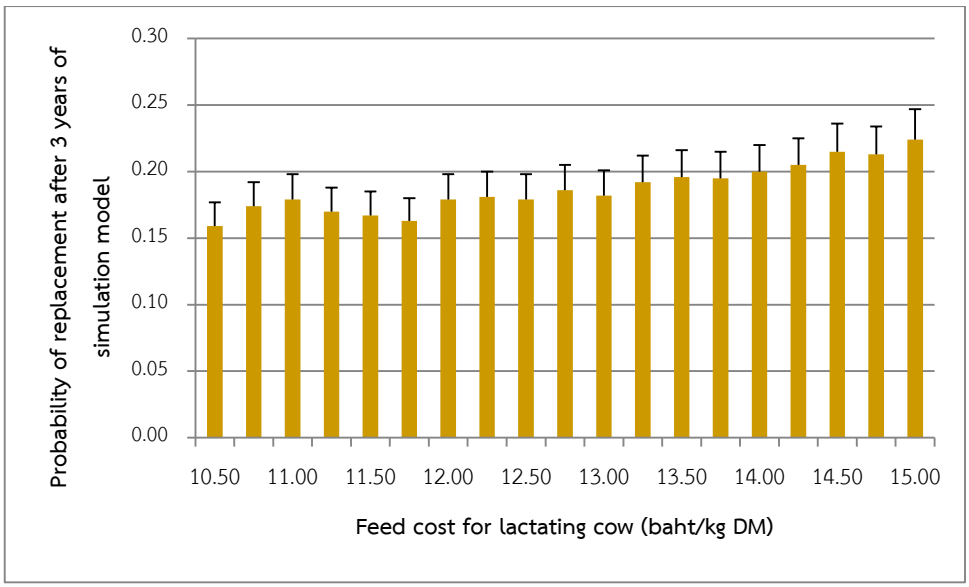
รูปที่ 37 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาน้ำนมในระดับต่าง ๆ



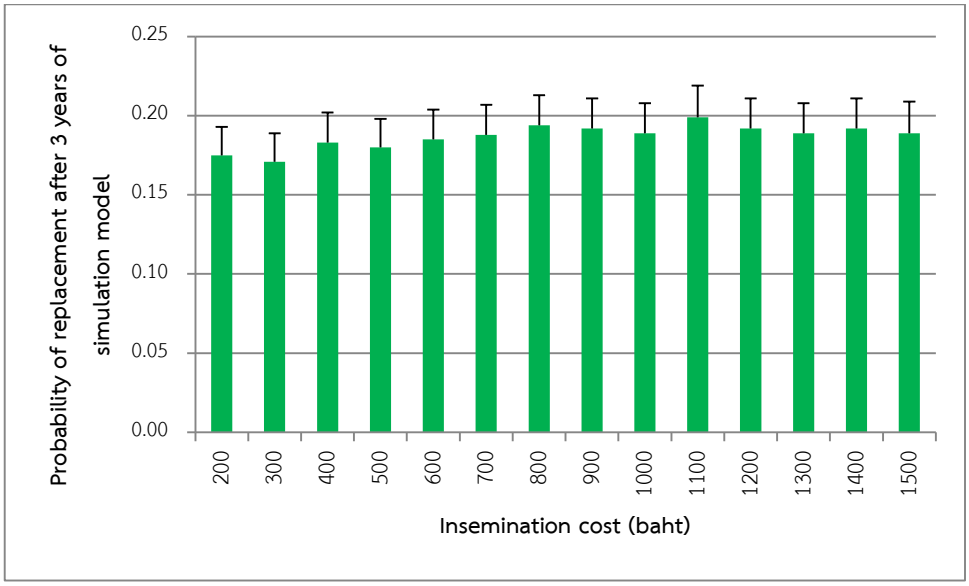
รูปที่ 38 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาโคสาวอุ้มท้องทดแทนในราคาระดับต่าง ๆ



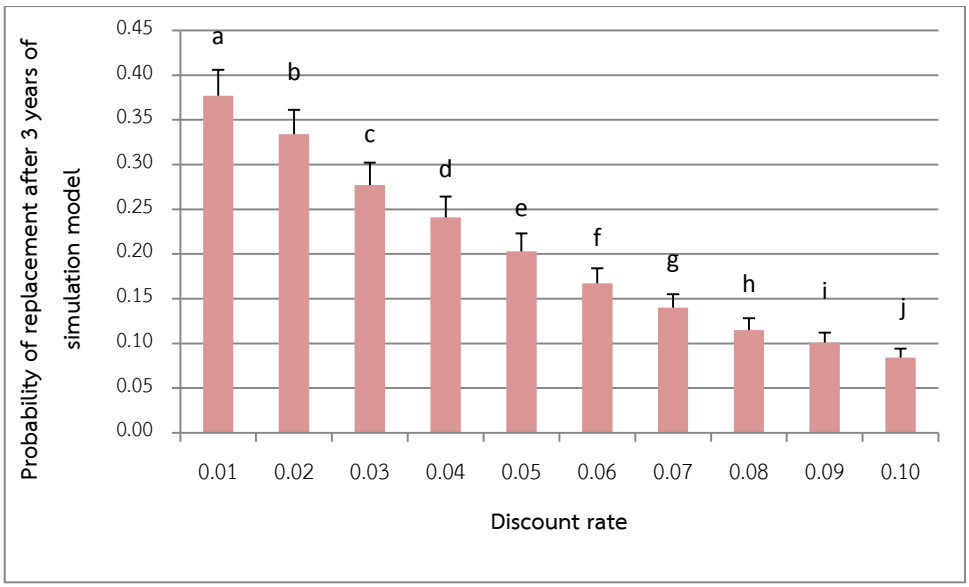
รูปที่ 39 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาโคคัดทิ้งในราคาระดับต่าง ๆ



รูปที่ 40 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ราคาอาหารโครีดนมในราคาระดับต่าง ๆ



รูปที่ 41 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการผสมเทียมในระดับต่าง ๆ



รูปที่ 42 แสดงความน่าจะเป็นของโคที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่จะทดแทนโคดังกล่าวหลังจาก 3 ปี นับจากเวลาปัจจุบันในกรณีที่อัตราดอกเบี้ยในระดับต่าง ๆ โดย a, b, c, d, e, f, g, h, I และ j แสดงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

วิจารณ์ผลการศึกษา

แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองที่สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจทดแทนโครายตัวเป็นรายสัปดาห์ ที่ได้รวบรวมปัจจัยต่าง ๆ ทั้งปัจจัยตัวโคและปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ที่มีความไม่แน่นอนเข้าไว้ในแบบจำลอง ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่สามารถทราบล่วงหน้าในสมรรถภาพการผลิตของโคที่จะมาทดแทน หรือมูลค่าด้านเศรษฐศาสตร์ที่อาจเปลี่ยนแปลงไป และนอกจากนี้ยังเป็นแบบจำลองที่ได้เพิ่มผลของ interaction ระหว่างปัจจัยด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนม และสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์เข้าไปในแบบจำลองด้วย แบบจำลองที่ใช้ช่วงเวลาในการสร้างแบบจำลองทุก ๆ 1 สัปดาห์ ทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องและสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา วงจรการผลิตของโคมากขึ้นกว่าเดิมที่ใช้ช่วงเวลาแบบรายเดือน จึงเป็นแบบจำลองที่แตกต่างและพัฒนามากขึ้นจากแบบจำลองที่พัฒนามาก่อนหน้านี้ (De Vries, 2006; Houben et al., 1999; Kristensen, 1992) และกล่าวได้ว่าเป็นแบบจำลองแรกสำหรับโคนมในเขตร้อนชื้น ผลจากการศึกษาพบว่า ค่า RPO มีค่าความแปรปรวนสูงมาก เนื่องจากการแบบจำลองได้ใส่ความแปรแปรวนต่าง ๆ แต่ละปัจจัยเข้าไป ในความเป็นจริงในการนำไปประยุกต์ใช้ที่ฟาร์ม เกษตรกรสามารถประเมินสมรรถภาพด้านการผลิตน้ำนม สมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ และมูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้งของโคปัจจุบันและโคทดแทนได้จำเพาะมากกว่าจะได้ผลการประมวลผลที่ถูกต้องแม่นยำที่จำเพาะต่อของฟาร์มและของแต่ละตัวโค ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้เครื่องมือช่วยในการคำนวณได้ทั้งบนเว็บไซด์ www.cu-bovine-clinic.com หรือจาก excel ไฟล์ อย่างไรก็ตามผู้ใช้จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม Palisade@Risk เพื่อช่วยในการประมวลผลเนื่องจากวงจรทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะวงจรการผลิตด้านระบบสืบพันธ์ และผลผลิตน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาหลังคลอด ข้อมูลป้อนจึงมีความแปรปรวนแม้กระทั่งโคที่มีลักษณะสมรรถภาพการผลิตที่เหมือนกันในสถานการณ์ระบบฐานข้อมูลระดับฟาร์มในประเทศไทย ข้อมูลระดับตัวโคยังไม่ได้มีการจัดเก็บเป็นอย่างระบบ และมีข้อมูลอยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรทั้งหมดของโคนมในประเทศไทย การได้ข้อมูลป้อนเข้าที่ถูกต้องจะทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำ และถูกต้องในการนำไปใช้มากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไปแล้ว ถ้าใช้ข้อมูลป้อนเข้าตามที่กำหนดในการศึกษานี้ที่รวบรวมมา พบว่าโคนมประมาณ 53% ควรจะทำการทดแทนโคโดยทันทีเนื่องจากผลผลิตน้ำนมที่ต่ำ จากผลการศึกษาจะชี้ชัดเช่นในผลใน **รูปที่ 29** พบว่าถ้าสามารถทดแทนโคที่มีการพัฒนาพันธุกรรมด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 3% แบบจำลองแนะนำให้ทดแทนโคปัจจุบันได้ทันที นอกจากนี้เนื่องจากแบบจำลองนี้ กำหนดให้โคที่จะนำมาทดแทนมีสมรถภาพการผลิตทั้งด้านการผลิตน้ำนมและด้านการผลิตน้ำนมที่ไม่ด้อยไปกว่าเดิม โคที่มีสมรรถภาพสูงทั้งด้านการผลิตน้ำนมและสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ แบบจำลองจะแนะนำให้ทดแทนโคโดยทันที อย่างไรก็ตาม โคที่มีสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ที่ต่ำมากแบบจำลองก็แนะนำให้ทดแทนโคโดยทันทีด้วยเช่นกัน เพื่อมีโอกาสที่จะได้โคทดแทนที่มีสมรรถภาพในวงจรการผลิตของระบบสืบพันธุ์ที่ดีขึ้น

นอกจากนี้แบบจำลองยังพบว่าอัตราดอกเบี้ยมีผลมาก ในการตัดสินใจในการยืดเวลาในการทดแทนโคออกไปได้นานกว่า 3 ปี ในผลที่แสดงใน **รูปที่ 42** เนื่องจากการคำนวณเป็นมูลค่าปัจจุบัน กรณีที่มีอัตราดอกเบี้ยต่ำ

จะทำให้มูลค่าปัจจุบันที่สูง มีผลต่อระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคยืดออกไป เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอัตราดอกเบี้ย 10% ทำให้มูลค่าปัจจุบันต่ำลงมาก และเนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองนานถึง 15 ลำดับการรีดนม หรือมากกว่า 10 ปี มูลค่าปัจจุบันจึงมีผลอย่างมากในการคำนวณค่า RPO และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค ขณะเดียวกันกรณีที่ดอกเบี้ยต่ำ โคที่มีสมรรถภาพการผลิตสูงทั้งด้านผลผลิตน้ำนมและสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ แบบจำลองแนะนำให้ทำการทดแทนโคทันที เนื่องจากการทดแทนโคในแบบจำลองจะทดแทนโคด้วยโคที่มีสมรรถภาพทั้งด้านผลผลิตน้ำนมและสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์เช่นเดิม ซึ่งสอดคล้องกับโคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมต่ำที่แบบจำลองแนะนำให้ยืดเวลาในการทดแทนโคออกไปนานกว่า 3 ปี

นอกจากนี้แบบจำลองยังได้ทำการประเมินระยะเวลาในการเริ่มผสมพันธุ์ของโค มีผลต่อระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทดแทนโคหรือไม่ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลาในการเริ่มผสมพันธุ์ของโคมีผลต่อ RPO น้อยดังแสดงค่าเฉลี่ยของค่า RPO ต่อระยะเวลาในการเริ่มผสมพันธุ์ของโคที่ระยะต่าง ๆ จาก 5-9 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากการประเมินผลของแบบจำลองเป็นการประเมินผลในระยะยาว ซึ่งวงจรการผลิตและวงจรด้านระบบสืบพันธุ์ของโคตัวเดิม จะมีความแปรปรวน และมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนค่อนข้างมากซึ่งผลการศึกษาของ Inchaisri et al. (2011a) แนะนำให้ใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ โดยใช้เทคนิค partial budget analysis แทน เนื่องจากเป็นการประเมินผลระยะสั้นภายใน 1 ปี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระยะยาวไม่สามารถคาดการณ์ได้ถูกต้องและแม่นยำ

ในการตรวจสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองโดยการพิจารณาเวลาที่โคสามารถอุ้มท้องได้หลังจากคลอดเปรียบเทียบกับการที่โคไม่ท้องใน ลำดับการรีดนมปัจจุบัน พบว่ามูลค่า RPO เฉลี่ยต่างกันตั้งแต่ 15,000 - 32,000 บาท ขึ้นกับเวลาที่ฟาร์มจะตัดสินใจทดแทนโคและเวลาที่โคท้องหลังจากคลอด แสดงใน **รูปที่ 15** หมายความว่าการที่โคที่ไม่สามารถอุ้มท้องได้ฟาร์มจะสูญเสียรายได้ต่อโค 15,000-32,000 บาท ถ้าสามารถทดแทนโคในเวลาที่เหมาะสมตามที่แบบจำลองแนะนำสามารถเพิ่มมูลค่า RPO ขึ้นไปได้ อย่างไรก็ตามถ้าโคอุ้มท้องช้า หรือทำการทดแทนช้า กว่าที่แบบจำลองแนะนำและปล่อยให้ล่วงเลยกว่า 86 สัปดาห์ หรือ และเมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ไม่อุ้มท้องที่จะทดแทนโคที่ 86 สัปดาห์ จะพบว่าค่า RPO จะต่ำกว่าโคที่ไม่อุ้มท้องที่ลำดับการรีดนมปัจจุบันและทดแทนที่ 86 สัปดาห์ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า การทดแทนโคช้าหรืออุ้มท้องช้า อาจทำให้มูลค่า RPO ต่ำกว่าโคที่ไม่อุ้มท้องที่ทำให้ฟาร์มตัดสินใจทดแทนโคที่ไม่อุ้มท้องได้เร็วกว่า บางการศึกษาทำการการคำนวณค่า pregnancy value (De Vries, 2006) จะเพิ่มดัชนีที่ช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น

ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคทันที ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง เวลาที่ปริมาณน้ำนมสูงสุดหลังคลอด อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด ส่วนปัจจัยด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ราคาโคคัดทิ้ง และ อัตราดอกเบี้ย ขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคหลังจาก 3 ปีแล้ว ได้แก่ ลำดับที่การรีดนม อัตราการผสมติด อัตราการจับสัด ระยะเวลาในการอุ้มท้อง และอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนม ราคาน้ำนม ราคาโคสาวทดแทน ราคาโคคัดทิ้ง ราคาอาหารโครีดนม และค่าผสมเทียมโค อย่างไรก็ตามปัจจัยเหล่านี้มีผลที่ไม่มาก เมื่อ

เปรียบเทียบที่สมรรถภาพของโคที่ค่าต่ำสุดและสูงสุด หรือ มูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำสุดกับสูงสุด เมื่อเทียบกับปัจจัยของอัตราการพัฒนาทางพันธุกรรมในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตน้ำนม ในกรณีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคโดยทันที หรือ สมรรถภาพการผลิตน้ำนมของโคเทียบกับค่าเฉลี่ยของฝูง และอัตราดอกเบี้ยในกรณีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโคหลังจาก 3 ปีนับจากเวลาปัจจุบัน เหตุผลหลักเกี่ยวข้องกับข้อมูลป้อนเข้าที่มีช่วงกว้างมากเกินไป การนำเข้าข้อมูลที่จำเพาะสำหรับตัวสัตว์ หรือ จำเพาะสำหรับฟาร์มจะช่วยลดความแปรปรวนดังกล่าวได้

สรุปผลการศึกษาและการศึกษาเพิ่มเติม

การศึกษานี้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนว่า ตามคุณลักษณะของโคในเมืองไทย ควรจะทำการทดแทนโคโดยทันที กรณีที่ฟาร์มสามารถจัดหาโคที่มีสมรรถภาพการผลิตน้ำนมที่สูงขึ้น และกรณีที่ดอกเบี้ยต่ำมาก ๆ ให้ยืดระยะเวลาในการทดแทนโคออกไปนานกว่า 3 ปี อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ข้อมูลป้อนเข้าที่จำเพาะสำหรับตัวโค หรือจำเพาะสำหรับฟาร์มแบบจำลองจะมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นและทำศึกษาเพื่อหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค ในฟาร์มนั้น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

De Vries, A. 2006. Economic value of pregnancy in dairy cattle. J. Dairy Sci. 89(10):3876-3885.

Groenendaal, H., D. T. Galligan, and H. A. Mulder. 2004. An economic spreadsheet model to determine optimal breeding and replacement decisions for dairy cattle. J. Dairy Sci. 87(7):2146-2157.

Hooijer G.A., K. Frankena, M.M.H. Valks and M. Schuring. 1999. Treatment of cystic ovarian disease in dairy cows with gonadotrophin- releasing hormone: A field study. Vet Q;21: 33-37.

Houben, E. H., R. B. Huirne, A. A. Dijkhuizen, and A. R. Kristensen. 1994. Optimal replacement of mastitic cows determined by a hierarchic Markov process. J. Dairy Sci. 77(10):2975-2993.

Inchaisri, C., R. Jorritsma, P. L. A. M. Vos, G. C. v. Weijden, and H. Hogeveen. 2010a. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. Theriogenology 74(5):835-846.

Inchaisri, C., R. Jorritsma, P. L. A. M. Vos, G. C. v. d. Weijden, and H. Hogeveen. 2010b.Effect of milk yield characteristics, breed, and parity on successof the first insemination in Dutch dairy cows. J Dairy Sci. 2010, Vol.93 :5179–5187.

Inchaisri, C., R. Jorritsma, P. L. A. M. Vos, G. C. v. d. Weijden, and H. Hogeveen. 2011a. Analysis of the economically optimal voluntary waiting. J Dairy Sci. 2011, Vol.94(8), pp.3811-3823.

Inchaisri, C., R. Jorritsma, P. L. A. M. Vos, G. C. v. d. Weijden, and H. Hogeveen. 2011b. Improved knowledge about conception rates influences the decision to stop insemination in dairy cows. Reprod. Domest. Anim. 47 (5) , pp. 820-826

Kyle S.D., C.J. Callahan, and R.D..Allrich. 1992. Effect of progesterone on the expression of estrus at the first postpartum ovulation in dairy cattle. J Dairy Sci;75: 1456-1460.

Kristensen, A. R. 1992. Optimal replacement in the dairy herd: A multi-component system. Agr. Syst. 39(1):1-24.

Konig, S., N. Chongkasikit, and H. J.Langholz. 2005. Estimation ofvariance components for production and fertility traits in NorthernThai dairy cattle to define optimal breeding strategies. ArchivTierzucht-Archives Animal Breeding, 48, 233–246.

Nielsen L.R., E. Jørgensen, A.R. Kristensen,and S Østergaard. 2010. Optimal replacementpolicies for dairy cows based on dailyyield measurements. J Dairy Sci 93,75–92.

Opsomer G., M. Coryn, and A. De Kruif. 1999. Measurement of ovarian cyclicity in the postpartum dairy cow by progesterone analysis. Reprod Domest Anim;34: 297-300.

Silke V., M.G. Diskin, D.A. Kenny, M.P. Boland, P. Dillon, J.F. Mee, and J.M. Sreenan. 2002.Extent pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. Anim Reprod Sci;71: 1-12.

Villa-Godoy A., T.L. Hughes, R.S. Emery, E.P. Stanisiewski, and R.L. Fogwell. 1990. Influence of energy balance and body condition on estrus and estrous cycles in Holstein heifers. J Dairy Sci;73: 2759-2765.

Wilmink, J. B. M. 1987. Adjustment of test-day milk, fat and proteinyield for age, season and stage of lactation. Livest. Prod. Sci.16:335–348.

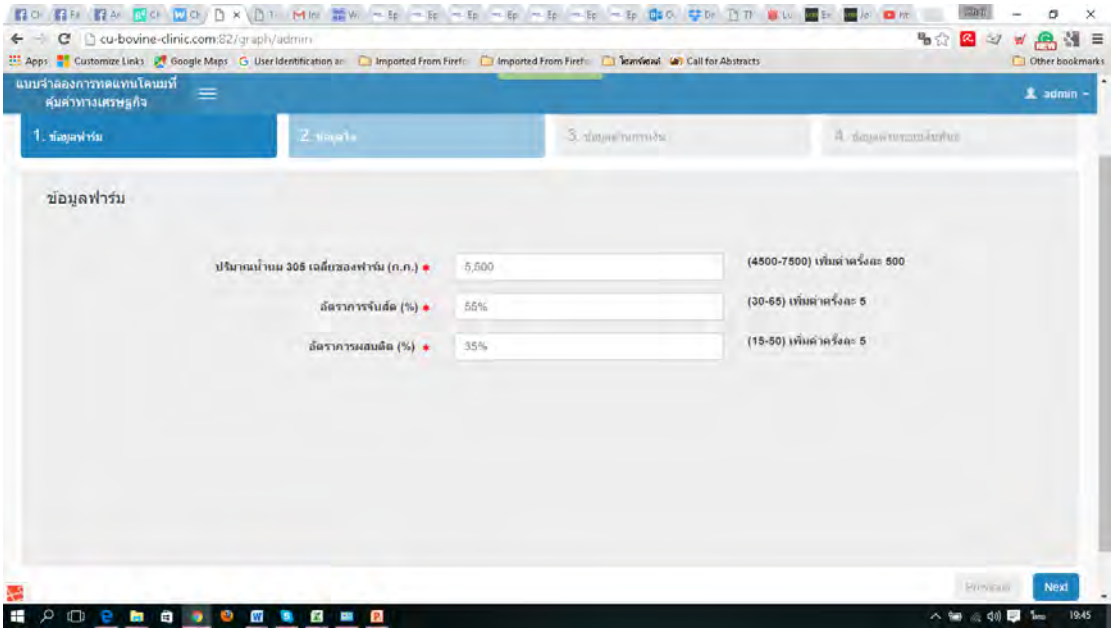
Wood P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature;216: 164-165.

ปราจีน วีรกุล 2544. การศึกษาและแก้ไขปัญหาการสูญเสียตัวอ่อนระยะต้นในโคนม รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาแก้ไขปัญหาการผสมติดยากและการสูญเสียศักยภาพระยะต้นในโคนม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 192 หน้า.

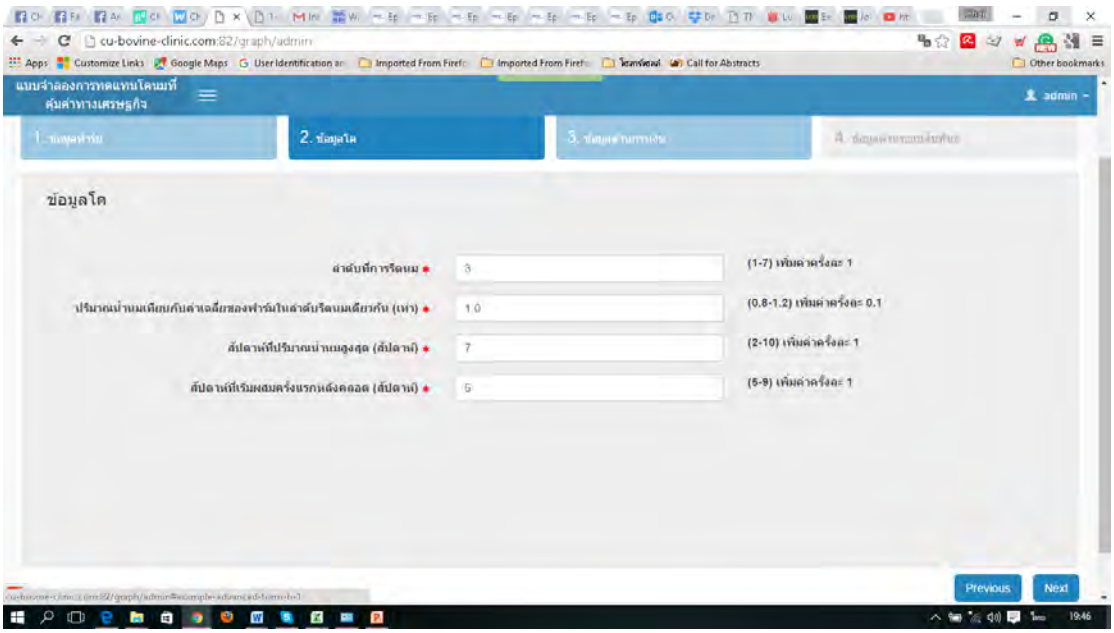
ภาคผนวก

เว็บไซต์สำหรับผู้ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการทดแทนโค

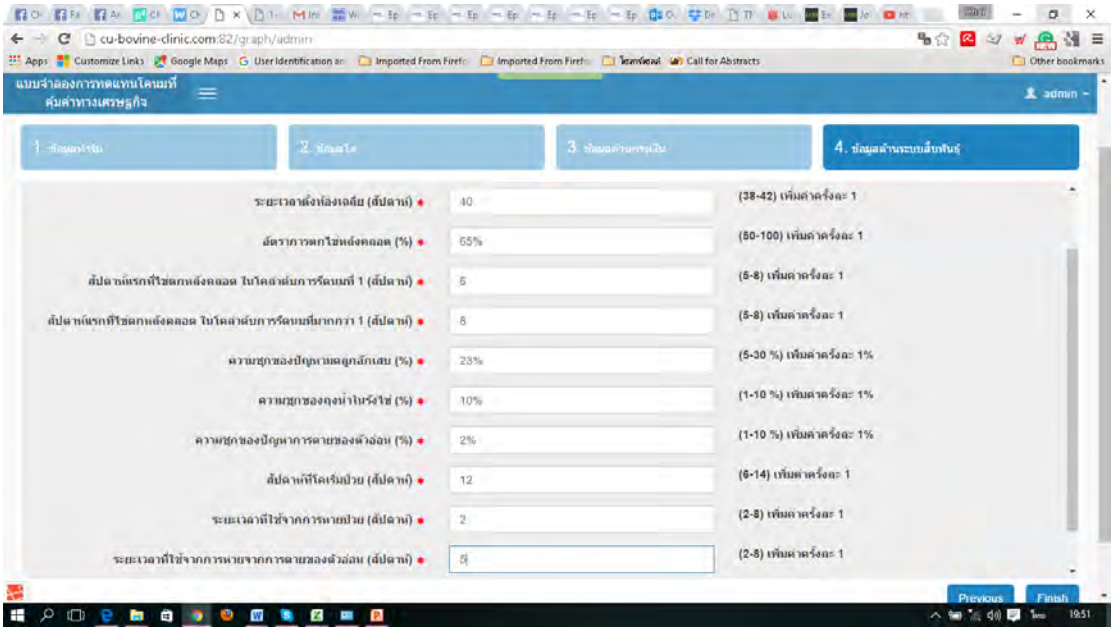
แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้รวบรวมข้อมูลทั้งที่จากการสุ่มเลือกของแบบจำลองทั้งข้อมูลที่ป้อนเข้า และผลลัพธ์ของแบบจำลองเพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้ภายในฟาร์ม ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าเว็บไซต์ได้ที่ www.cu-bovine-clinic.com ทำการสมัครและป้อนข้อมูลที่จำเพาะทางด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนม สมรรถภาพด้านการจัดการระบบสืบพันธุ์ และข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ ในหน้าจอที่แสดงดังตัวอย่างข้างล่างนี้ เมื่อป้อนข้อมูลครบ server จะทำการประมวลผล ผลลัพธ์จะสามารถ ดาวน์โหลดมาใน excel ไฟล์ที่แสดง ผลลัพธ์ทั้งข้อมูลป้อนเข้า และค่า RPO เวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค และกราฟแสดงค่า RPO ตามระยะเวลานับจากเวลาปัจจุบัน



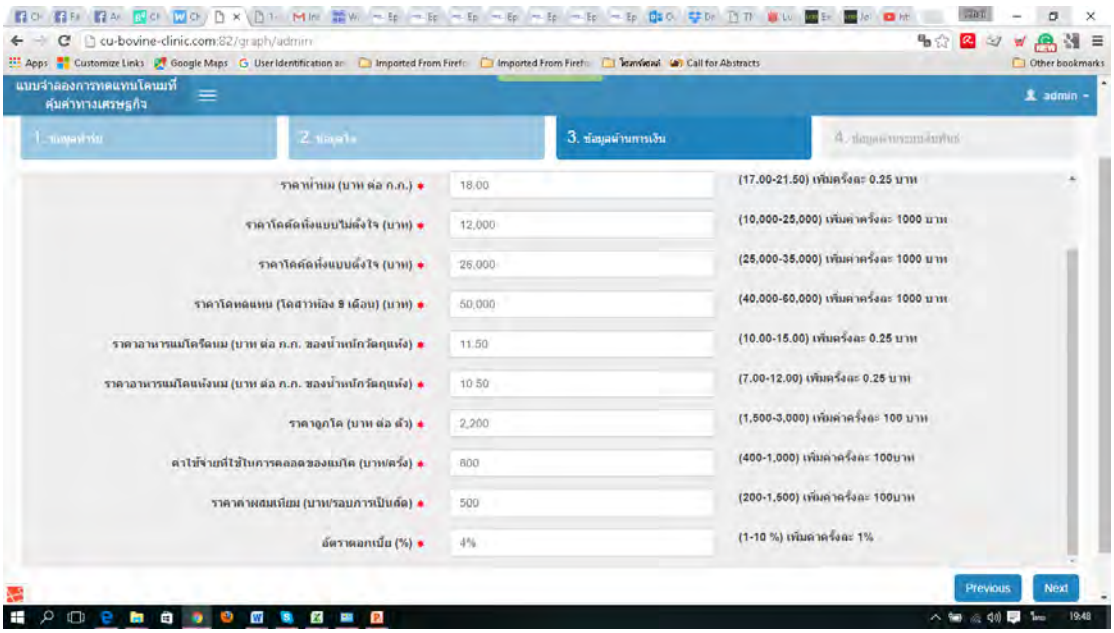
รูปที่ 1 แสดงหน้าจอที่ทำการป้อนข้อมูลสมรรถภาพการผลิตเฉลี่ยของระดับฟาร์ม



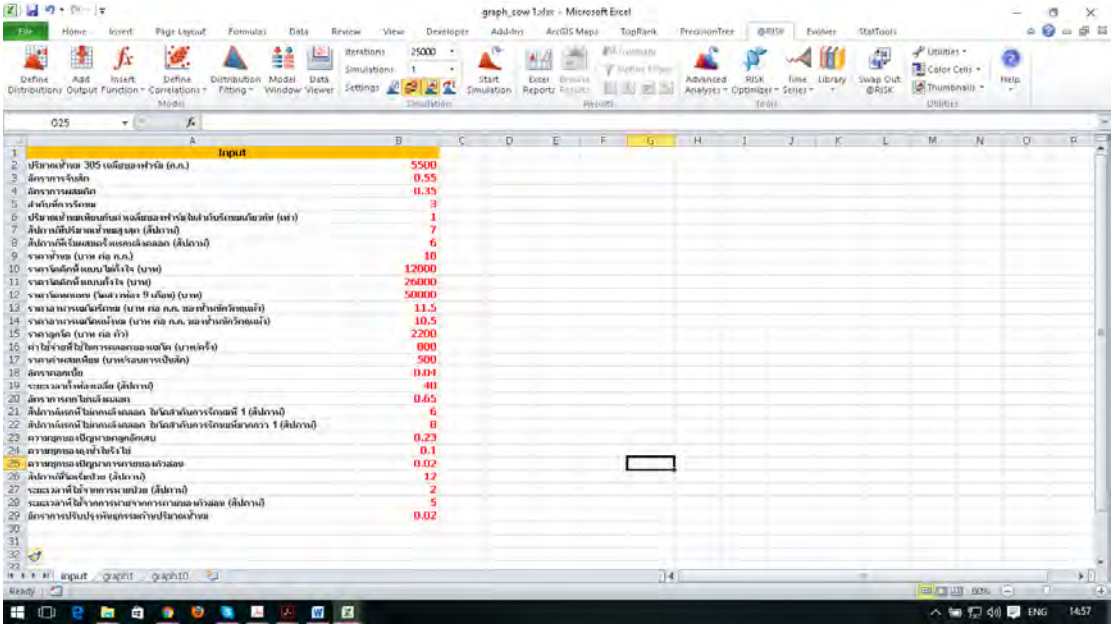
รูปที่ 2 แสดงหน้าจอที่ทำการป้อนข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของระดับตัวโค



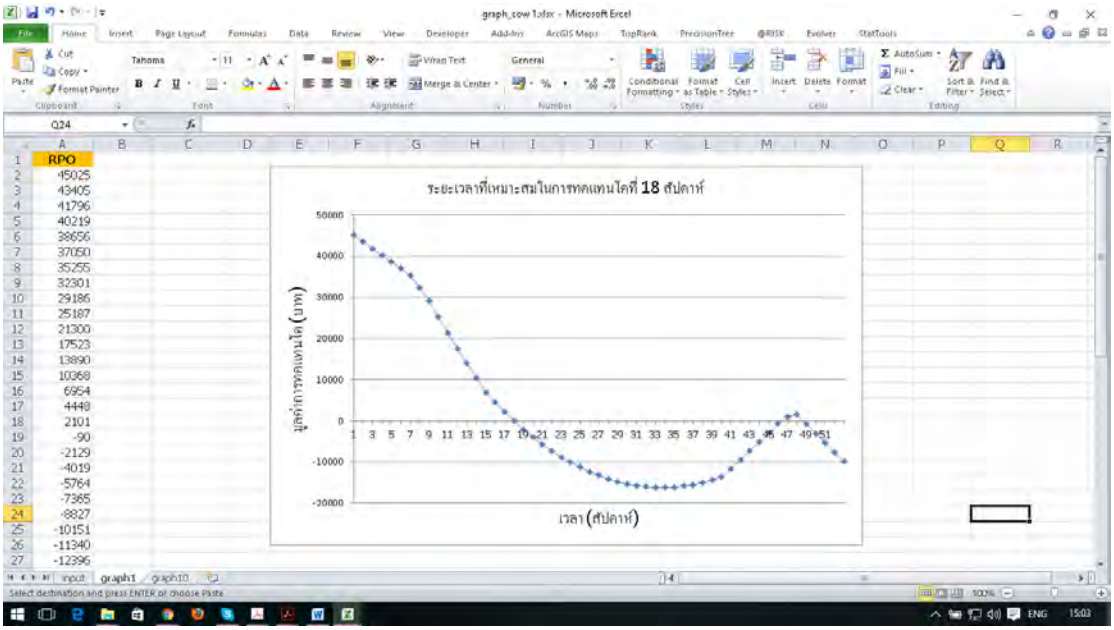
รูปที่ 3 แสดงหน้าจอที่ทำการป้อนข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของระดับตัวโคเพิ่มเติม



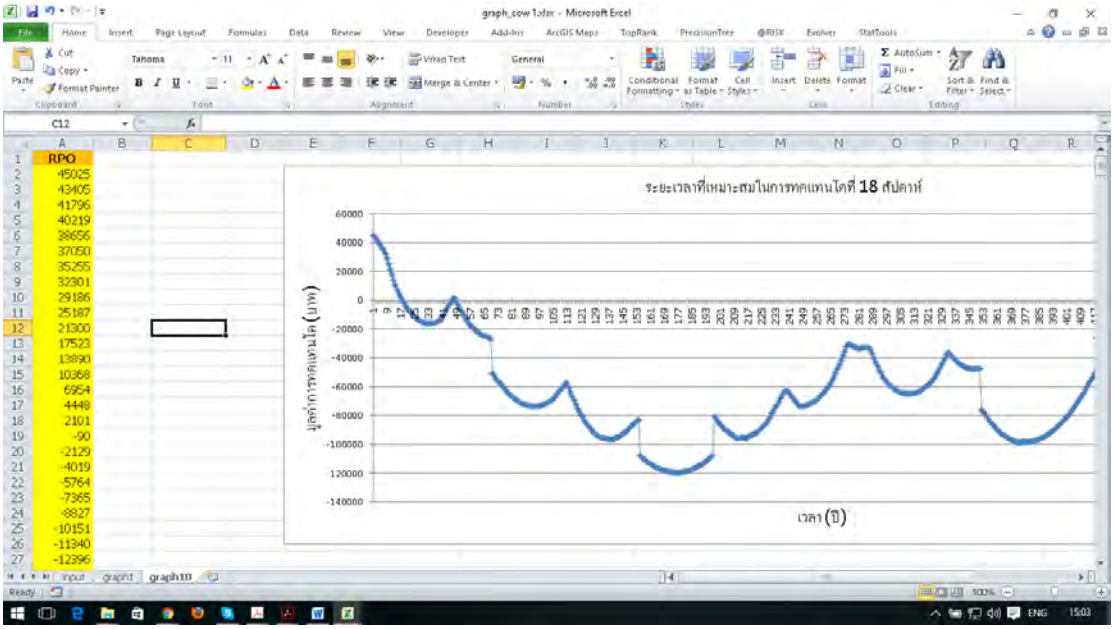
รูปที่ 4 แสดงหน้าจอที่ทำการป้อนข้อมูลด้านเศรษฐกิจ



รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์ที่ดาวน์โหลดจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปทางเว็บไซต์ แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ป้อนเข้าในรูป excel ไฟล์



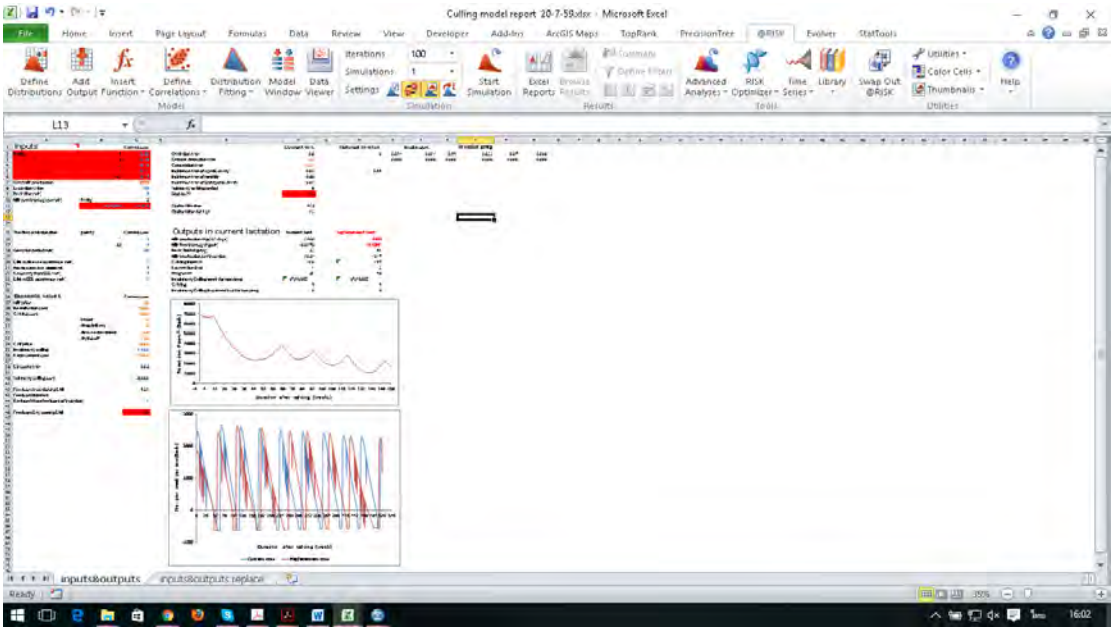
รูปที่ 6 แสดงผลลัพธ์ที่ดาวน์โหลดจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปทางเว็ปไซต์ แสดงรายละเอียดภายใน 1 ปี ของค่า RPO และเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค พร้อมกราฟแสดงค่า RPO ตามระยะเวลาในรูป excel ไฟล์



รูปที่ 7 แสดงผลลัพธ์ที่ดาวน์โหลดจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปทางเว็ปไซต์ แสดงรายละเอียดภายใน 10 ปี ของค่า RPO และเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค พร้อมกราฟแสดงค่า RPO ตามระยะเวลาในรูป excel ไฟล์

โปรแกรมสำหรับผู้ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการทดแทนโค

นอกจากนี้กรณีที่ผู้ใช้งานไม่สะดวกในการใช้งานจากเว็บไซต์ ผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านต้นแบบจำลอง ใน excel ไฟล์ โดยการป้อนข้อมูลป้อนเข้า ทั้งด้านสมรรถภาพการผลิตของตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐกิจ จะได้ผลลัพธ์ของค่า RPO ในรูปกราฟ ในหน้าเดียวกันดังแสดงตัวอย่างในรูปข้างล่างนี้ อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดที่ผู้ใช้ต้องติดตั้ง โปรแกรม Palisade @Risk



รูปที่ 8 แสดงไฟล์ excel ที่สามารถป้อนข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของระดับตัวโคและข้อมูลด้านเศรษฐกิจ แสดงผลลัพธ์ของค่า RPO และเวลาที่เหมาะสมในการทดแทนโค พร้อมกราฟแสดงค่า RPO ตามระยะเวลา

การศึกษาข้อมูลสมรรถภาพการผลิตของโคภายในฟาร์มขนาดใหญ่

ศึกษาสมรรถภาพการผลิตด้านการผลิตน้ำนมและสมรรถภาพด้านระบบสืบพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าในแบบจำลอง

วิธีการศึกษา

ข้อมูลโค

ข้อมูลน้ำนมปริมาณน้ำนมรายวัน 60,870 ข้อมูล จากฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ 3 ฟาร์มที่เก็บรวบรวมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 - 2557 ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำนมต่อวัน อย่างน้อย 5 ข้อมูลใน 1 ลำดับการรีดนม หลังจากกรองข้อมูลพบว่ามีจำนวนข้อมูลปริมาณน้ำนมรายวันทั้งหมด 52,978 ข้อมูล จาก 4,248 ลำดับการรีดนม โดยมาจากฟาร์มที่ 1

993 ลำดับการรีดนม จากฟาร์มที่ 2 2,232 ลำดับการรีดนม จากฟาร์มที่ 3 1,023 ลำดับการรีดนม และจากข้อมูลลำดับการรีดนมทั้งหมดที่โคสามารถให้ผลผลิตจนกระทั่งครบรอบลำดับการรีดนม หรือสามารถให้ลูกในลำดับรีดนมถัดไปมีข้อมูลทั้งสิ้น 3,492 ลำดับการรีดนม มีข้อมูลที่ครบทั้งปริมาณน้ำนมรายวัน และการให้ลูกโคในลำดับการรีดนมถัดไป 2,618 ลำดับการรีดนม จากข้อมูลประชากรโคทั้ง 3 ฟาร์ม พบมีประชากรโคที่ทำการคัดทิ้ง 473 ตัว

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

สร้างจำลองกราฟการผลิตน้ำนม ตามสมการของ Wilmink, (1987):ตามที่ได้อธิบายมาก่อนหน้านี้ (Inchaisri et al., 2010b) ทำการประเมินหา ประมาณน้ำนมสูงสุด เวลาหลังคลอดที่มีปริมาณน้ำนมสูงสุด ความชันของกราฟผลผลิตน้ำนมหลังจากให้ปริมาณน้ำนมสูงสุด และปริมาณน้ำนมที่ 305 วันข้อมูลการคลอดจากโคตัวเดียวกัน ถูกนำมาคำนวณหาช่วงเวลาระหว่างการคลอด ทำการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา เปรียบเทียบผลผลิตน้ำนมที่ 305 วัน ระหว่างลำดับที่การรีดนม และระหว่างฟาร์ม ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบผลผลิตน้ำนมที่ 305 วันโดยกำหนดให้เป็นตัวแปรตาม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิค linear regression model ในโปรแกรม IBM® SPSS® Statistics version 22 (IBM corp., USA) ทำการตรวจสอบตัวแปรตามและตัวแปรต้น ว่ามีความ linearity กับตัวแปรตาม และ ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ถ้าข้อมูลไม่มีการกระจายตัวแบบปกติ ทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยให้มีประชากรแต่ละกลุ่มเท่าๆกัน ก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการวิเคราะห์ในระดับตัวโค โดยใช้ฟาร์ม เป็นปัจจัยที่เข้าสมการแบบสุ่ม (random effect) เริ่มต้นการวิเคราะห์ตัวแปรต้นทีละตัวแปร ตัวแปรใดมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value<0.1) จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อในสมการหลายตัวแปรต่อไป (multivariable analysis) ในการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร ตัวแปรต้นที่จะอยู่ในสมการต้องมีอิสระต่อกัน หรือมี correlation coefficient น้อยกว่า 0.3 การเลือกตัวแปรในสมการสุดท้ายเลือกโดยจากค่า AIC (Alkaike corrected Information criterion) ที่น้อยที่สุด ตัวแปรในสมการสุดท้ายจะทำการตัวเช็ค interaction และ confounding ก่อน และตัวแปรต้นที่เหลือในสมการต้องมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P<0.05 ข้อมูลของโคที่ถูกคัดทิ้ง ถูกนำมาสร้างกราฟเพื่อศึกษาการกระจายของโคที่ถูกคัดทิ้ง ตาม ลำดับที่ของการรีดนม และ ตามระยะการรีดนม

ผลการศึกษาที่สำคัญ

ปริมาณน้ำนมสูงสุด เวลาหลังคลอดที่มีปริมาณน้ำนมสูงสุด ความชันของกราฟผลผลิตน้ำนมหลังจากให้ปริมาณน้ำนมสูงสุด ปริมาณน้ำนมที่ 305 วันและช่วงเวลาระหว่างวันคลอด แสดงตามตารางข้างล่างนี้

	Lactation no.	N	MY 305 (kg)	SE	Peak milk yield (kg)	SE	Peak milk time(wk)	SE	MDR(kg/day)	SE
Farm A	1	348	3866	64	17	0.23	63	2	-0.0045	0.00032
	2	263	4077	78	20	0.30	47	2	-0.0060	0.00042
	3	174	4101	106	20	0.36	47	2	-0.0066	0.00056
	≥4	208	3708	100	19	0.43	47	1	-0.0074	0.00063
Farm B	1	604	4334	47	18	0.18	66	2	-0.0035	0.00022
	2	487	4740	53	21	0.23	53	2	-0.0045	0.00034
	3	401	4994	63	22	0.24	48	2	-0.0042	0.00025
	≥4	706	5154	51	24	0.18	46	1	-0.0050	0.00027
Farm C	1	275	4237	84	18	0.29	56	2	-0.0038	0.00021
	2	261	4413	97	21	0.37	48	2	-0.0065	0.00058
	3	201	4429	116	21	0.45	48	2	-0.0087	0.0024
	≥4	286	4343	91	22	0.36	47	1	-0.0069	0.00058

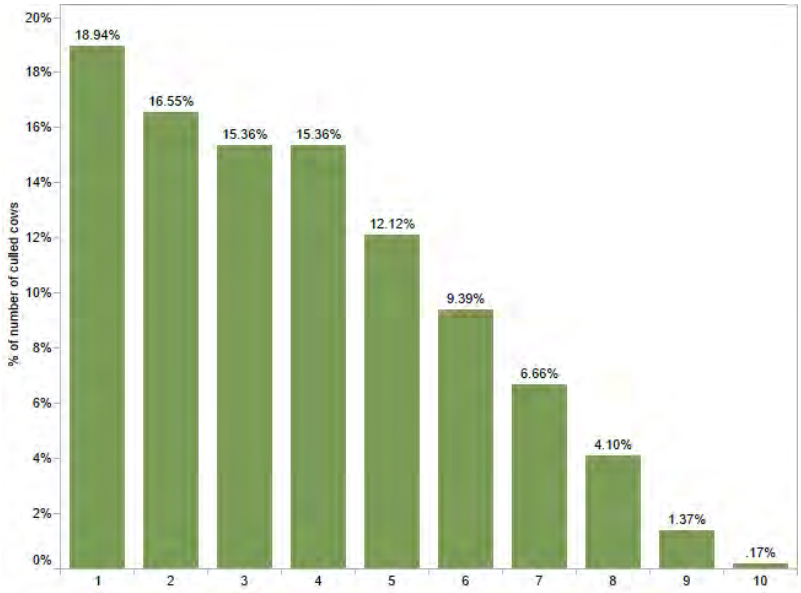
โดยมีช่วงห่างระหว่างการคลอดของโคนมแต่ละลำดับการรีดนมจากแต่ละฟาร์มดังต่อไปนี้

	Lactation no.	N	Calving interval (days)	SE
Farm A	1	297	481	8
	2	213	456	7
	3	140	458	12
	≥4	137	442	10
Farm B	1	625	420	4
	2	483	425	4
	3	369	426	7
	≥4	568	429	5
Farm C	1	221	461	8
	2	164	453	9
	3	110	443	10
	≥4	165	450	7

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนมที่ 305 พบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในสมการสุดท้าย ตามตารางข้างล่างนี้

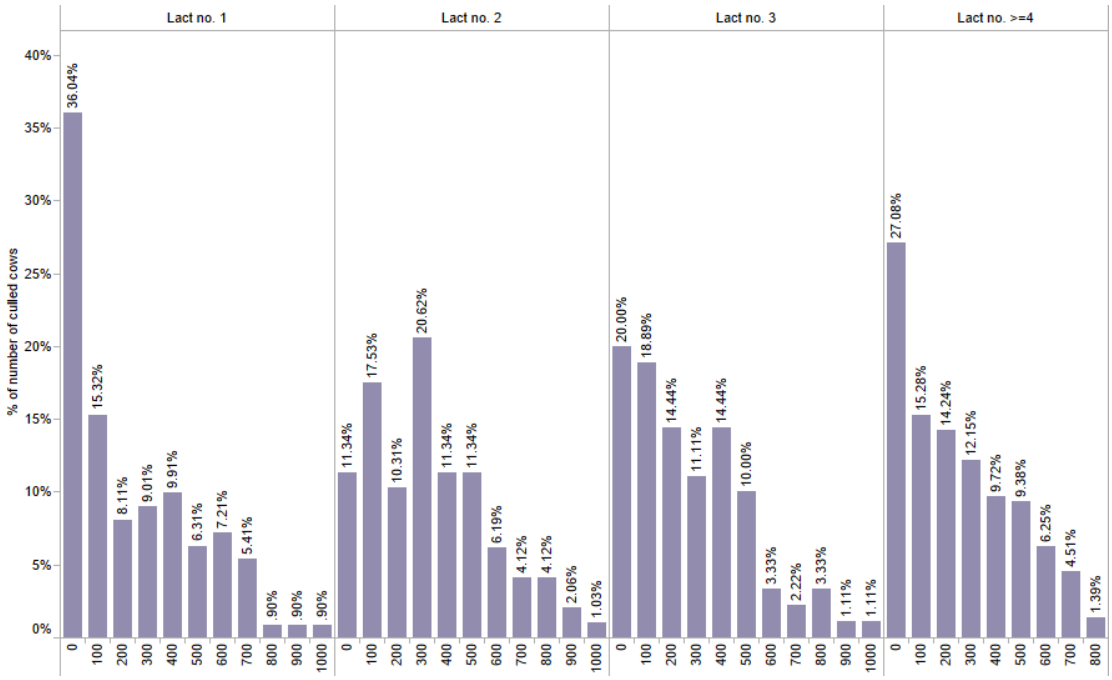
Parameters	Coefficient	SE	*P*-value	Lower 95%CI	Upper 95%CI
Intercept	4621	232	<0.01	4166	5077
Calving interval	0.84	0.16	<0.01	0.52	1.16
Lactation no.					
1	-938	49	<0.01	-1035	-842
2	-413	50	<0.01	-511	-316
3	-148	50	<0.01	-246	-49
≥4	Ref.	-	-	-	-

ข้อมูลการคัดทิ้งโคนมตามกระจายตัวของลำดับที่การรีดนม แสดงดังรูปภาพข้างล่างนี้



ลำดับที่การรีดนม

ข้อมูลการคัดทิ้งโคนมตามกระจายตัวของลำดับที่การรีดนมและระยะเวลาหลังคลอดแสดงดังรูปภาพข้างล่างนี้



ระยะเวลาหลังคลอด (วัน)

ข้อมูลทั้งหมดนี้จากการศึกษาภาคสนามจะถูกนำไปรวมกับข้อมูลที่รวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เป็นข้อมูลป้อนเข้าไปในแบบจำลอง