บทที่ 4
อุปกรณ์และวิธีการ

ที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมโดยศูนย์วิจัยการผสมเทียม กองผลมเทียม กรมปศุสัตว์ โดยประกอบไปด้วยข้อมูลจากศูนย์วิจัยการผสมเทียมพิษณุโลก และศูนย์วิจัยการผสมเทียมราชบุรี ซึ่งรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงโคนมพันธุ์แท้และโคนมลูกผสมที่เลี้ยงโดยเกษตรกรในช่วงปี 2533 - 2539 ในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง อำเภอหล่มสัก อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง อำเภอกุยบุรี อำเภอทับสะแก อำเภอบางสะพาน อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเขตอำเภอเมือง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 1,655 ข้อมูล จำนวนพ่อพันธุ์ 99 ตัว

ลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมจะประกอบไปด้วย ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ไขมันนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีน ซึ่งสุ่มเก็บโดยเจ้าหน้าที่ของกองผสมเทียม กรมปศุสัตว์ เดือนละ 1 ครั้งต่อฟาร์ม (เก็บเย็น - เช้า) ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมดหรือปริมาณน้ำนมตลอดจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต (กิโลกรัม) จะมีค่าเท่ากับ ปริมาณน้ำนมต่อวัน x ระยะรีด (วัน) และลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมและเปอร์เซ็นต์โปรตีนจะทำการตรวจวัดภายในห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยการผสมเทียม โดยใช้เครื่อง Milko Scan โคนมในประชากรศึกษาครั้งนี้จะประกอบไปด้วยโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนพันธุ์แท้ และโคนมลูกผสมของพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนกับพันธุ์อื่นๆ เช่น พันธุ์เรดเดน พันธุ์ซาฮิลวาล และพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น โดยอยู่ในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ต่างๆกัน ตั้งแต่จำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 ถึงจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 9 ส่วนน้ำเชื้อพ่อพันธุ์ที่ใช้ในฝูงประชากรจะประกอบไปด้วย น้ำเชื้อแช่แข็งพ่อพันธุ์โคนมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนพันธุ์แท้จากต่างประเทศ น้ำเชื้อแช่แข็งพ่อพันธุ์โคนมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนพันธุ์แท้และลูกผสมของกรมปศุสัตว์ และองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย

ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 แฟ้มข้อมูลคือ

1. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการให้ผลผลิตของโคนม ประกอบด้วย
   - 1.1 เลขประจำตัวของโคนมที่ให้ผลผลิต
   - 1.2 พันธุ์
   - 1.3 วัน - เดือน - ปี ที่เกิด
   - 1.4 อายุเมื่อให้ผลผลิต

1.5 ครั้งที่ของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต

1.6 วัน - เดือน - ปี ที่คลอด

1.7 ระยะให้นม (วัน)

1.8 ผลผลิตปริมาณน้ำนมทั้งหมด (กิโลกรัม)

1.9 ผลผลิตปริมาณน้ำนมคิดเฉพาะที่ 305 วัน (กิโลกรัม)*

1.10 เปอร์เซ็นต์ไขมันนม

1.11 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

* ผลผลิตปริมาณน้ำนมคิดเฉพาะที่ 305 วัน คือผลผลิตปริมาณน้ำนมจริงที่โคให้ในกรณีที่จำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตไม่ถึง 305 วัน และในกรณีที่จำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตเกิน 305 วัน จะคิดเฉพาะปริมาณน้ำนมเพียง 305 วัน

2. ข้อมูลพันธุ์ประวัติ ประกอบด้วย

2.1 เลขประจำตัวของโคนมที่ให้ผลผลิต

2.2 เลขประจำตัวของพ่อพันธุ์โคนม

2.3 เลขประจำตัวของแม่พันธุ์โคนม

การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

1. การคัดเลือกและการตรวจสอบความปกติของข้อมูล เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมและเปอร์เซ็นต์โปรตีนของโคนมบางตัวมีค่าสูงผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากข้อผิดพลาดเนื่องจากการตรวจวัดและการบันทึกข้อมูล โดยทั่วไปส่วนประกอบของเปอร์เซ็นต์ไขมันนมอยู่ในช่วง 2.3 - 6.5 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 2.0 - 4.5 เปอร์เซ็นต์ (รัชนี ตันฑะพานิชกุล , 2536) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ไขมันนมที่สูงกว่า 6.5 % และเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีค่าสูงกว่า 4.5 % มาใช้ในการศึกษา รวมข้อมูลที่เข้าทำการวิเคราะห์ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนข้อมูลที่เข้าทำการวิเคราะห์จำแนกตามลักษณะที่ทำการศึกษา

ลักษณะที่ทำการศึกษา	จำนวนข้อมูลที่ทำการศึกษา
ปริมาณน้ำนมทั้งหมด (กิโลกรัม)	1,655
ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน (กิโลกรัม)	1,655
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน (กิโลกรัม)	1,515
เปอร์เซ็นต์ไขมันนม	1,625
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	1,650

ลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ใช้วิธีการปรับของ ม.ร.ว.ชวนิศดากร วรวรรณ (2534) ซึ่งจะปรับค่าดังนี้

- ปรับจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต
- ปรับจำนวนครั้งที่รีดนมในหนึ่งวัน และ
- ปรับอายุโคนม

เมื่อปรับแล้วจะได้ปริมาณน้ำนมเป็น การให้นมในระยะ 305 วัน จากการรีดนมวันละ 2 ครั้งเมื่อเทียบกับโคที่มีอายุโตเต็มวัย โดยใช้ตัวคูณดังตารางที่ 4.2 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 ตัวคูณสำหรับปรับจำนวนนมจากระยะที่นานกว่า 305 วัน เป็นจำนวนในระยะ 305 วัน

ระยะให้นมจริง (วัน)	ตัวคูณ	ระยะให้นมจริง (วัน)	ตัวคูณ
305 - 308	1.00	337 - 340	0.92
309 - 312	0.99	341 - 344	0.91
313 - 316	0.98	345 - 348	0.90
317 - 320	0.97	349 - 352	0.89
321 - 324	0.96	353 - 356	0.88
325 - 328	0.95	357 - 360	0.87
329 - 332	0.94	361 - 364	0.86
333 - 336	0.93	365	0.85

ที่มา : ม.ร.ว.ชวนิศดากร วรวรรณ (2534)

ตารางที่ 4.3 ตัวคูณสำหรับปรับจำนวนนมที่มีระยะให้นมไม่ถึง 305 วัน เป็นจำนวนนมในระยะ 305 วัน

ระยะให้นมจริง (วัน)	ตัวคูณ	ระยะให้นมจริง (วัน)	ตัวคูณ
205	1.29	255	1.12
210	1.27	260	1.10
215	1.25	265	1.09
220	1.23	270	1.07
225	1.21	275	1.06
230	1.19	280	1.05
235	1.17	285	1.04
240	1.16	290	1.03
245	1.14	295	1.02
250	1.13	300	1.01

ที่มา : ม.ร.ว.ชวนิศดากร วรวรรณ (2534)

ตารางที่ 4.4 ปรับจำนวนนมของโคอายุต่างๆ มาเป็นจำนวนนมเมื่อโคโตเต็มวัยแยกตามพันธุ์

อายุโคเมื่อเริ่มให้นม (ปี - เดือน)	ตัวคูณพันธุ์โฮลสไตน์	ตัวคูณพันธุ์คละ
1-6	1.515	1.428
1-9	1.446	1.373
2-0	1.377	1.319
2-3	1.26	1.271
2-6	1.275	1.232
2-9	1.239	1.202
3-0	1.203	1.172
3-3	1.167	1.142
3-6	1.131	1.115
3-9	1.104	1.091
4-0	1.077	1.070
4-3	1.056	1.052
4-6	1.035	1.036
4-9	1.026	1.027
5-0	1.017	1.018
5-3	1.011	1.012
5-6	1.006	1.006
5-9	1.003	1.003
6-0	1.000	1.000
6-3	1.000	1.000
6-6	1.000	1.000
6-9	1.003	1.003
7-0	1.006	1.006

ที่มา : ม.ร.ว.ชวนิศดากร วรวรรณ (2534)

2. การจำแนกอิทธิพลของปัจจัยคงที่ ประกอบด้วย

   1. อิทธิพลของปี ที่แม่โคให้ผลผลิต โดยที่ ปี 2533 = 1 2534 = 2 2535 = 3 2536 = 4 2537 = 5 2538 = 6 และปี 2539 = 7
   2. ฤดูกาลประกอบไปด้วย เดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ = 1 มีนาคม - มิถุนายน =2 กรกฎาคม - ตุลาคม = 3
   3. อิทธิพลของกลุ่มพันธุ์ จำแนกตามระดับสายเลือด *Bos taurus* ปรับจาก Vinther (1974) อ้างโดย เสนาะ กาศเกษม และคณะ (2538) ดังตารางที่ 4.5 โดยรวมโคนมที่มีระดับเลือด *Bos taurus* ตั้งแต่ 62.5 % ลงมา จัดไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน

ตารางที่ 4.5 จำแนกกลุ่มพันธุ์โดยใช้ระดับเลือด *Bos taurus* และจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

กลุ่มพันธุ์	ระดับเลือด *Bos taurus*	จำนวนข้อมูล
1	100%	220
2	> 87.5 และ < 100%	15
3	87.5 %	230
4	>75.0 % และ < 87.5 %	11
5	75.0 %	983
6	น้อยกว่า 62.5 % ลงมา	185

- อิทธิพลของครั้งที่ให้ผลผลิต ประกอบด้วยจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 - 9 โดยในแต่จำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตมีจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

การให้นมครั้งที่ 1 มีจำนวน 359 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 2 มีจำนวน 458 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 3 มีจำนวน 315 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 4 มีจำนวน 189 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 5 มีจำนวน 124 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 6 มีจำนวน 108 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 7 มีจำนวน 62 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 8 มีจำนวน 36 ข้อมูล
การให้นมครั้งที่ 9 มีจำนวน 14 ข้อมูล

3. ตรวจสอบการกระจายของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่เก็บมาจากภาคสนาม (filed data) ซึ่งปัจจัยต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะที่ใช้ในการศึกษา เช่น อิทธิพลของ ฝูง - ปี - ฤดูกาลที่ให้ผลผลิต อิทธิพลของกลุ่มพันธุ์ และอิทธิพลของครั้งที่ให้ผลผลิต อีกทั้งจำนวนข้อมูลในแต่ละชั้นของปัจจัยต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน เมื่อทำการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วย PROC UNIVARIATE ของโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis System , 1982) พบว่าข้อมูลการให้ผลผลิตน้ำนมทั้งหมด ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่ใช้ในการศึกษาครั้งมีเป็นตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการกระจายแบบปกติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 97 93 97 และ 93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

โมเดลและการวิเคราะห์

การวิเคราะห์เบื้องต้น

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด จากการตรวจเอกสารพบว่าปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมคือ อิทธิพลของฝูงที่โคนมได้รับการเลี้ยงดู ปีและฤดูกาลที่โคนมให้ผลผลิต (Ray et al., 1992 ; Powell et al., 1990) อิทธิพลของพันธุ์ กลุ่มพันธุ์ (Reaves et al., 1985) และอิทธิพลของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต (Morales et al., 1989) ปัจจัยสุ่มคือ อิทธิพลของสัตว์แต่ละตัว วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ด้วยคำสั่ง contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATVEC (Wang , 1995) มีโมเดลในการวิเคราะห์ดังสมการที่ (4.1)

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ด้วยคำสั่ง contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATVEC (Wang , 1995) มีโมเดลในการวิเคราะห์ดังสมการที่ (4.1)

3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน จากการตรวจเอกสารพบว่าปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมคือ อิทธิพลของฝูงที่โคนมได้รับการเลี้ยงดู ปีและฤดูกาลที่โคนมให้ผลผลิต (Ray et al., 1992 ; Powell et al., 1990) อิทธิพลของพันธุ์ กลุ่มพันธุ์ (Reaves et al., 1985) และอิทธิพลของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต (Morales et al., 1989) ปัจจัยสุ่มคือ อิทธิพลของสัตว์แต่ละตัว วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ด้วยคำสั่ง contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATVEC (Wang , 1995) มีโมเดลในการวิเคราะห์ดังสมการที่ (4.1)

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม จากการตรวจเอกสารพบว่าปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมคือ อิทธิพลของฝูงที่โคนมได้รับการเลี้ยงดู ปีและฤดูกาลที่โคนมให้ผลผลิต (Compos et al ., 1994 ; Wood , 1976) อิทธิพลของพันธุ์ กลุ่มพันธุ์ (Rincon et al., 1982) และอิทธิพลของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต (Schutz et al., 1990) ปัจจัยสุ่มคือ อิทธิพลของสัตว์แต่ละตัว วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ด้วยคำสั่ง contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATVEC มีโมเดลในการวิเคราะห์ดังสมการที่ (4.1)

5. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีน จากการตรวจเอกสารพบว่าปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีนคือ อิทธิพลของฝูงที่โคนมได้รับการเลี้ยงดู ปีและฤดูกาลที่โคนมให้ผลผลิต อิทธิพลของพันธุ์ กลุ่มพันธุ์ (Raheja et al., 1989 ; Rincon et al., 1982) และอิทธิพลของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต (Schutz et al., 1990) ปัจจัยสุ่มคือ อิทธิพลของสัตว์แต่ละตัว วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ด้วยคำสั่ง contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MATVEC มีโมเดลในการวิเคราะห์ดังสมการที่ (4.1)

$$y_{ijklm} = \mu + HYS_i + BG_j + Lacn_k + Ani_l + e_{ijklm} \text{ ---------- (4.1)}$$

เมื่อ y_{ijlkm} = ลักษณะที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วย ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด ลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมและลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีนของสัตว์ตัวที่ l ที่ได้รับอิทธิพลจาก ฝูง - ปี - ฤดูกาลที่ i กลุ่มพันธุ์ที่ j และจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะเป็นอิทธิพลร่วมซึ่งค่าลังเกตทุกค่าได้รับ

HYS_i = อิทธิพลคงที่ของ ฝูง - ปี - ฤดูกาลที่ i (i = 1 , 2 , 3 , ... , 40)

BG_j = อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์ที่ j (j = 1 , 2 ,3 , ..., 6)

$Lacn_k$ = อิทธิพลคงที่ของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ k (k = 1 , 2 , 3 , ... , 9)

Ani_l = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากสัตว์ตัวที่ l โดยที่

$$Ani_l \sim NID(0,\sigma_a^2)$$

e_{ijklm} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆ ที่ค่าลังเกตได้รับ โดยที่

$$e_{ijklm} \sim NID(0,\sigma_e^2)$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน

การวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะที่ทำการศึกษา เพื่อนำไปประมาณค่าอัตราพันธุกรรม และสำหรับใช้ในการประมาณค่าการผสมพันธุ์ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี EM - REML (Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood) สำหรับวิเคราะห์ครั้งละลักษณะ (Univariate analysis) และใช้วิธี DF - REML สำหรับวิเคราะห์ครั้งละ 3 ลักษณะ (Multiple - traits analysis) โดยใช้ Animal model

1. วิเคราะห์ครั้งละลักษณะ โดยแยกความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ วิเคราะห์ด้วย Animal model ตามโมเดลทางสถิติที่ (4.1) สำหรับวิเคราะห์ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน เปอร์เซ็นต์ไขมันนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีน

จากโมเดลที่ (4.1) สามารถเขียนเป็นโมเดลในรูปทั่วไป (general form) หรือ Mixed Model Equation ได้ดังนี้

$$y = X\beta + Za + e$$

โดยที่

y = เวคเตอร์ของค่าสังเกต

X = เป็นเมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่ (Incidence matrix)

Z = เป็นเมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม (Incidence matrix)

β = เวคเตอร์ของปัจจัยคงที่ ที่ไม่ทราบค่า

a = เวคเตอร์ของปัจจัยสุ่มโดยที่ $a \sim NID(0, A\sigma_a^2)$

A เป็นเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์

e = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน (error) โดยที่ $e \sim NID(0, I\sigma_e^2)$

2. วิเคราะห์ครั้งละสามลักษณะพร้อมกัน ได้แก่ ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เขียนเป็นโมเดลในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$$

โดยที่ y_1, y_2, y_3 = เวคเตอร์ของค่าสังเกต ปริมาณน้ำนมทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ไขมันนมและเปอร์เซ็นต์โปรตีน

X_1, X_2, X_3 = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่

Z_1, Z_2, Z_3 = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = เวคเตอร์ของปัจจัยคงที่ที่ไม่ทราบค่า ของลักษณะที่ 1 , 2 และ 3 ดังอธิบายไว้ในสมการที่ (4.1) (4.2) และ (4.3)

a_2, a_2, a_3 = เวคเตอร์ของปัจจัยสุ่มที่ไม่ทราบค่า ของลักษณะที่ 1 , 2 และ 3 ดังอธิบายไว้ในสมการที่ (4.1) (4.2) และ (4.3)

e_1, e_2, e_3 = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน ของลักษณะที่ 1 , 2 และ 3

โดยมีความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$Var\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a1}^2 & A\sigma_{a21} & A\sigma_{a13} & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a21} & A\sigma_{a2}^2 & A\sigma_{a23} & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a31} & A\sigma_{a32} & A\sigma_{a3}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e1}^2 & I\sigma_{e12} & I\sigma_{e13} \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e21} & I\sigma_{e2}^2 & I\sigma_{e23} \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e31} & I\sigma_{e32} & I\sigma_{e3}^2 \end{bmatrix}$$

A เป็นเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต้องใช้ค่าความแปรปรวนของอำนาจยีนบวกสะสมและความแปรปรวนเนื่องจากสิ่งแวดล้อม โดยค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จะเป็นค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability) จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้สามารถหาค่าอัตราพันธุกรรมได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error , S.E.) ของอัตราพันธุกรรมสามารถหาได้จาก

$$S.E. = 4\sigma_t^2 \text{ โดยที่}$$

$$\sigma_t^2 = \frac{2[1+(n-1)t]^2(1-t)^2}{n(n-1)(N-1)}$$

โดยที่ N = จำนวนพ่อพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบหรือจำนวนครอบครัว

n = จำนวนลูกของพ่อพันธุ์แต่ละตัว

t = สหสัมพันธ์ภายในชั้น ซึ่งในกรณีของลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ จะมีค่าเท่ากับ $\frac{h^2}{4}$ (Falconer and Mackay , 1996)

แต่เนื่องจากข้อมูลจำนวนลูกในแต่ละพ่อพันธุ์มีค่าไม่เท่ากัน จึงสามารถคำนวณได้จากสูตรของ Swiger และคณะ (1964) อ้างโดย Lo และคณะ (1992) ดังนี้

$$S.E.(h^2) = 4\sqrt{\frac{2(N-1)(1-t)^2[1+(k-1)t]^2}{k^2(N-S)(S-1)}}$$

โดยที่

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

S = จำนวนพ่อพันธุ์

$$k = [\frac{1}{S-1}] \times [N - [\frac{\Sigma n_i^2}{N}]]$$

n_i = จำนวนข้อมูลของพ่อที่ i

t = สหสัมพันธ์ภายในชั้น

การประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถหาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมดกับลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมดกับลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีน และลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน ดังสมการ

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม $(r_{gg}) = \frac{Cov(g_1 g_2)}{\sqrt{Var(g_1)Var(g_2)}}$

สหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ $(r_{pp}) = \frac{Cov(p_1 p_2)}{\sqrt{Var(p_1)Var(p_2)}}$

การเปรียบเทียบค่าการผสมพันธุ์ระหว่างกลุ่มโคนมที่มีระดับเลือดต่างกัน

ในการเปรียบเทียบค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด (กรณีที่วิเคราะห์ครั้งละ 1 ลักษณะ) ในโคนมที่มีระดับสายเลือดโคยุโรปต่างๆกันว่ามีค่าเฉลี่ยของค่าการผสมพันธุ์แตกต่างกันหรือไม่ เริ่มต้นโดยการศึกษาเบื้องต้นการกระจายของค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด ด้วยคำสั่ง PROC UNIVARIATE ของโปรแกรมสำเร็จรูป SAS พบว่าการกระจายของข้อมูลไม่เป็นเส้นโค้งปกติ จึงได้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Non Paramatric Analysis of Variance โดยวิธีของ Kruskal - Wallis ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยมีข้อกำหนดว่าค่าที่จะใช้ทำการศึกษามีลักษณะข้อมูลเป็นตัวแปรต่อเนื่อง แต่มีการกระจายที่ไม่เป็นเส้นโค้งปกติ

1. การทดสอบ Kruskal - Wallis เป็นการทดสอบโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเมื่อข้อมูลที่ได้มาอย่างน้อยที่สุดต้องเป็นประเภทที่สามารถนำมาจัดเป็นลำดับได้ (Rank หรือ Ordinal Scale)
2. การทดสอบแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ใช้ได้เมื่อมีจำนวนตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกันจำนวน k กลุ่ม และค่า k ต้องมีค่ามากกว่า 2 หรือ มีค่าตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป (อำนวย เลิศชยันตี , 2539)

เมื่อศึกษาข้อกำหนดของการทดสอบด้วยวิธี Kruskal - Wallis พบว่าค่าการผสมพันธุ์ของโคนมที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถทดสอบด้วย Kruskal - Wallis ได้เนื่องจาก

1. ค่าการผสมพันธุ์ของโคนมที่ได้มีการกระจายไม่เป็นเส้นโค้งปกติ
2. ค่าการผสมพันธุ์ของโคนมแต่ละกลุ่มพันธุ์สามารถจัดให้อยู่ในรูปของลำดับได้
3. ค่าการผสมพันธุ์ของโคนมแต่ละกลุ่มพันธุ์มีอิสระจากกัน และมีจำนวนกลุ่มพันธุ์มากกว่า 3 กลุ่มพันธุ์

ซึ่งสมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้คือ

H_0: ค่าการผสมพันธุ์ของโคนมแต่ละกลุ่มพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยของลำดับค่าการผสมพันธุ์เท่ากัน

H_A: ค่าการผสมพันธุ์ของโคนมแต่ละกลุ่มพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยของลำดับค่าการผสมพันธุ์ที่แตกต่างกัน

สูตรที่ใช้ในการทดสอบ

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=i}^{k} \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

เมื่อ

H = เป็นค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละกลุ่มพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของลำดับเท่ากันหรือไม่ โดยมีการแจกแจงแบบ Chi - Square ด้วยค่า df = k-1

k = จำนวนกลุ่มพันธุ์ของโคนม (k = 6)

n_j = จำนวนลำดับที่ทุกๆ ตัวในกลุ่มพันธุ์หนึ่งๆ

N = จำนวนลำดับที่ทุกๆ ตัวในทุกกลุ่มพันธุ์นั้นๆ รวมกัน

R_j = คือผลรวมของลำดับที่ในกลุ่มพันธุ์หนึ่งๆ

ส่วนกรณีที่วิเคราะห์ครั้งละ 3 ลักษณะ ลำดับค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมดจะมีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งละลักษณะหรือไม่ จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ของลำดับค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณี โดยใช้ Spearman Rank Correlation Coefficient โดยมีข้อกำหนดว่า ข้อมูลที่ได้สามารถจัดลำดับที่ได้ โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\rho_{r_s} = \frac{\Sigma(r_i - \bar{r})(s_i - \bar{s})}{\sqrt{(\Sigma(r_i - \bar{r})^2 \Sigma(s_i - \bar{s})^2)}}$$

เมื่อ

r_i = ลำดับที่ของโคนมตัวที่ i^{th} ของค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งละลักษณะ

s_i = ลำดับที่ของโคนมตัวที่ i^{th} ของค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งละ 3 ลักษณะ

$\bar{r}$ = ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งละ 1 ลักษณะ

$\bar{s}$ = ค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งละ 3 ลักษณะ