ผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะเจริญเติบโต ช่วงน้ำหนัก 15-90 กิโลกรัม

พงศกร แก้วแสนเมือง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะเจริญเติบโต ช่วงน้ำหนัก 15-90 กิโลกรัม

พงศกร แก้วแสนเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะเจริญเติบโต ช่วงน้ำหนัก 15-90 กิโลกรัม

พงศกร แก้วแสนเมือง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.จำรูญ มณีวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะเจริญเติบโต ช่วงน้ำหนัก 15-90 กิโลกรัม

ชื่อผู้เขียน นายพงศกร แก้วแสนเมือง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จำรูญ มณีวรรณ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะเจริญเติบโต ช่วงน้ำหนักตัว 15-90 กิโลกรัม โดยใช้สุกรลูกผสมสามสายเลือด (ดูร็อค X ลาร์จไวท์ - แลนด์เลช) น้ำหนักเริ่มต้น 15 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว (เพศผู้ตอนและเพศเมีย) สุกรแต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สุกรทดลองทุกตัวได้รับน้ำและอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ผลการศึกษาพบว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารทุกระดับ ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตทั้งด้านอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ผลต่อองค์ประกอบเลือดพบว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารทุกระดับตลอดการทดลอง ไม่ส่งผลต่อปริมาณเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว อัตราส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ คลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ LDL และ HDL ($P>0.05$) รวมถึงไม่มีผลต่อลักษณะซาก ($P>0.05$) และคุณภาพเนื้อ ($P>0.05$) จากผลทดลองสรุปได้ว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต (อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว) ทั้งในสุกรระยะเล็ก รุ่น และขุน ตลอดระยะเวลาการทดลอง ไม่มีผลต่อองค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อสุกร

คำสำคัญ : มะเกี๋ยง, สมรรถภาพการผลิต, องค์ประกอบเลือด, ลักษณะซาก, คุณภาพเนื้อ, สุกร

Title THE EFFECTS OF *CLEISTOCALX NERVOSUM* VAR. PANI PULPS SUPPLEMENTATION IN DIETS ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, BLOOD COMPOSITION, CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF GROWING SWINE WEIGHT RANGE 15-90 KG.

Author Mr. Pongsakon Kaewsaenmueng

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Dr. Chamroon Maneewan

ABSTRACT

This study aimed to investigate effects of *Cleistocalx nervosum* var. paniala pulps supplementation in diets on Productive performances, blood composition, carcass characteristics and meat quality of growing swine weight range 15-90 kg. Thirty-two hybrid swine s (Duroc x Large white - Landrace) initiate body weighing 15 kg, each were used. They were separated into 4 groups, 4 replications each, 2 swines (astrated male and female) for each replication. The swine s of each group was fed *Cleistocalx nervosum* var. paniala pulps at level of 0, 0.5, 1.0 and 1.5% in diets, respectively. The swines in all experimental pen were provided water and feed *ad libitum*. Completely randomized design (CRD). Differences among means were compared with Duncan's New Multiple Range Test. Results of the study showed that the supplementation of dried pulps from *Cleistocalx nervosum* var. paniala in the diets had no effect on productive performances in term of growth rate, feed intake and feed conversion ratio ($P>0.05$). Regarding blood composition, it was found that supplementation of dried pulps from *Cleistocalx nervosum* var. paniala in the diets has no effect on an amount of RBC and WBC, proportion of N:L, cholesterol, triglyceride LDL and HDL ($P>0.05$). Including no effect on carcass characteristics. ($P>0.05$) and meat quality ($P>0.05$). Base on this studies, it could be concluded that *Cleistocalx nervosum* var. paniala pulps supplementation at level of

0.5-1.5% had no effect on growth performance. Did not effect on blood composition, carcass characteristics and meat quality in swines.

Keywords : Cleistocalx nervosum var. paniala, Productive performances, Blood composition, Carcass characteristics, Swine

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. จำรูญ มณีวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไขในการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน และอาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก กรรมการที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำฟาร์มสุกร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ดำเนินงานทดลอง ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลี้ยงสุกร ตลอดจนเอื้อเฟื้อสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ บุคลากรเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์อาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์การชำแหละ เก็บตัวอย่างซากสุกร และขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ พนักงาน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำที่ปรึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัย และการทำวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำบัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่คอยให้ความสะดวกในการติดต่องานราชการ และให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆ ด้วยดี นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุพการีทั้งสองท่านของข้าพเจ้า ที่ได้สั่งสอนอบรมให้เป็นคนขยันหมั่นเพียร ตลอดจนให้การสนับสนุนค่าใช้จ่าย ให้กำลังใจ และขอขอบคุณทุกๆ คนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาการศึกษา

พงศกร แก้วแสนเมือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญตารางภาคผนวก ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

มะเกี๋ยง 3

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปของมะเกี๋ยง 4

ถิ่นกำเนิดมะเกี๋ยง 6

การเก็บเกี่ยวผลมะเกี๋ยง 6

คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยง 7

การใช้ประโยชน์จากผลมะเกี๋ยง 9

สารสำคัญในมะเกี๋ยง 14

แอนโทไซยานิน 14

แทนนิน 17

การเจริญเติบโตของสุกร 20

การจัดการเลี้ยงสุกร 22
คุณภาพซาก 22
การประเมินคุณภาพซาก 27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ 29
การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังตายแล้ว 31
เลือด 32
องค์ประกอบของเลือด 32
ไขมันในพลาสมา 34
การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย 37
การขนส่งคอเลสเตอรอล 38
การควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล 38
การสะลายคอเลสเตอรอล 40
ไตรกลีเซอไรด์ 42
กรดไขมันอิสระ 42
การตรวจหาระดับคอเลสเตอรอล 43
การตรวจหาระดับไตรกลีเซอไรด์ 43
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 45
สถานที่ทำการทดลอง 45
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง 45
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 51
สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก-ขุน 51
องค์ประกอบเลือดของสุกรทดลอง 53
คุณภาพซากของสุกร 56
คุณภาพเนื้อของสุกร 59

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 66
บรรณานุกรม 67
ประวัติผู้วิจัย 99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมะเกี๋ยงสด....6
ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบพื้นฐานในผลมะเกี๋ยง....8
ตารางที่ 3. ค่าเฉลี่ยแร่ธาตุและโลหะหนักในผลมะเกี๋ยง....8
ตารางที่ 4. ค่าเฉลี่ยของวิตามินในผลมะเกี๋ยง....8
ตารางที่ 5. ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง....9
ตารางที่ 6. ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง....9
ตารางที่ 7. คุณสมบัติทางเคมีของไม้มะเกี๋ยง....13
ตารางที่ 8. ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ช่วงน้ำหนักต่างกันจาก 12 กิโลกรัม ถึง 120 กิโลกรัม....21
ตารางที่ 9. เปรียบเทียบระยะเวลาการเลี้ยงสุกรขุนที่มีอัตราการเจริญเติบโต 600, 700 และ 800 กรัมต่อตัวต่อวัน....21
ตารางที่ 10. เกณฑ์การจัดแบ่งระดับชั้นคุณภาพซากสุกรตามเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง....29
ตารางที่ 11. ส่วนประกอบของสูตรอาหารสุกรทดลอง....47
ตารางที่ 12. ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตของสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนัก (สุกรเล็ก,สุกรรุ่น และสุกรขุน) ที่กินอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยง....52
ตารางที่ 13. ผลการศึกษาการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)....53
ตารางที่ 14. ผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงต่อเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง ในเลือดสุกรที่น้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม....55
ตารางที่ 15. ผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกรขุนเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง....58
ตารางที่ 16. ผลของระดับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และ pH ของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก....62
ตารางที่ 17. คุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่ได้รับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกันต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าออกซิเดชัน และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ....64

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1. โครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน.....15
ภาพที่ 2. โครงสร้างของแทนนิน.....18
ภาพที่ 3. ตำแหน่งในการวัดเพื่อคำนวณค่าดัชนี LSQ.....28
ภาพที่ 4. สูตรโครงสร้างของคอเลสเตอรอล.....37
ภาพที่ 5. การควบคุมการสังเคราะห์คอเรสเตอรอล.....40
ภาพที่ 6. การเผาผลาญคอเลสเตอรอลในมนุษย์.....43

สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....73
ตารางภาคผนวกที่ 2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....73
ตารางภาคผนวกที่ 3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....73
ตารางภาคผนวกที่ 4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....74
ตารางภาคผนวกที่ 5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....74
ตารางภาคผนวกที่ 6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม).....74
ตารางภาคผนวกที่ 7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรเล็ก (30-60 กิโลกรัม).....75
ตารางภาคผนวกที่ 8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม).....75
ตารางภาคผนวกที่ 9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม).....75
ตารางภาคผนวกที่ 10. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม).....76
ตารางภาคผนวกที่ 11. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม).....76
ตารางภาคผนวกที่ 12. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม).....76
ตารางภาคผนวกที่ 13. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรรุ่น (60-90 กิโลกรัม).....77

ตารางภาคผนวกที่ 14. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม).....77
ตารางภาคผนวกที่ 15. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม).....77
ตารางภาคผนวกที่ 16. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม).....78
ตารางภาคผนวกที่ 17. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม).....78
ตารางภาคผนวกที่ 18. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม).....78
ตารางภาคผนวกที่ 19. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....79
ตารางภาคผนวกที่ 20. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....79
ตารางภาคผนวกที่ 21. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....79
ตารางภาคผนวกที่ 22. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....80
ตารางภาคผนวกที่ 23. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....80
ตารางภาคผนวกที่ 24. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น น้ำหนักตัว ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม).....80
ตารางภาคผนวกที่ 25. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเม็ดเลือดแดง.....81
ตารางภาคผนวกที่ 26. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเม็ดเลือดขาว.....81
ตารางภาคผนวกที่ 27. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว ชนิดนิวโทรฟิล.....81
ตารางภาคผนวกที่ 28. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว ชนิดลิมโฟไซท์.....82
ตารางภาคผนวกที่ 29. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว ชนิดนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์.....82

ตารางภาคผนวกที่ 30. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคอเลสเตอรอล.....82
ตารางภาคผนวกที่ 31. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไตรกลีเซอร์ไรด์.....83
ตารางภาคผนวกที่ 32. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไลโปโปรตีนที่มีความเข้มข้นต่ำ (LDL).....83
ตารางภาคผนวกที่ 33. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไลโปโปรตีนที่มีความเข้มข้นสูง (HDL).....83
ตารางภาคผนวกที่ 34. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักก่อนฆ่าสุกร.....84
ตารางภาคผนวกที่ 35. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักหลังฆ่าสุกร.....84
ตารางภาคผนวกที่ 36. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซากสุกร.....84
ตารางภาคผนวกที่ 37. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักซากเย็นสุกร.....85
ตารางภาคผนวกที่ 38. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซากเย็นสุกร.....85
ตารางภาคผนวกที่ 39. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันสันหลังสุกร.....85
ตารางภาคผนวกที่ 40. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสุกร.....86
ตารางภาคผนวกที่ 41. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกสุกร.....86
ตารางภาคผนวกที่ 42. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากอุ่น) ของหัวสุกร.....86
ตารางภาคผนวกที่ 43. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของขาหน้าสุกร.....87
ตารางภาคผนวกที่ 44. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของขาหลังสุกร.....87
ตารางภาคผนวกที่ 45. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของไหล่สุกร.....87
ตารางภาคผนวกที่ 46. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสะโพกสุกร.....88
ตารางภาคผนวกที่ 47. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสันนอกรวมสันคอสุกร.....88
ตารางภาคผนวกที่ 48. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสันในสุกร.....88
ตารางภาคผนวกที่ 49. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสามชั้นสุกร.....89

ตารางภาคผนวกที่ 50. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก
(เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของซี่โครงสุกร.....89
ตารางภาคผนวกที่ 51. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก
(เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของหางสุกร.....89
ตารางภาคผนวกที่ 52. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสันนอก
ที่ 45 นาที.....90
ตารางภาคผนวกที่ 53. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสันนอก
ที่ 45 นาที.....90
ตารางภาคผนวกที่ 54. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสันนอก
ที่ 45 นาที.....90
ตารางภาคผนวกที่ 55. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสะโพก
ที่ 45 นาที.....91
ตารางภาคผนวกที่ 56. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสะโพก
ที่ 45 นาที.....91
ตารางภาคผนวกที่ 57. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก
ที่ 45 นาที.....91
ตารางภาคผนวกที่ 58. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสันนอก
ที่ 24 ชั่วโมง.....92
ตารางภาคผนวกที่ 59. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสันนอก
ที่ 24 ชั่วโมง.....92
ตารางภาคผนวกที่ 60. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสันนอก
ที่ 24 ชั่วโมง.....92
ตารางภาคผนวกที่ 61. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสะโพก
ที่ 24 ชั่วโมง.....93
ตารางภาคผนวกที่ 62. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสะโพก
ที่ 24 ชั่วโมง.....93
ตารางภาคผนวกที่ 63. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก
ที่ 24 ชั่วโมง.....93
ตารางภาคผนวกที่ 64. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสันนอกที่ 45 นาที.....94
ตารางภาคผนวกที่ 65. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสันนอกที่ 24 ชั่วโมง.....94
ตารางภาคผนวกที่ 66. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสะโพกที่ 45 นาที.....94

ตารางภาคผนวกที่ 67. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง.....95
ตารางภาคผนวกที่ 68. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอก
จากการแช่เย็น.....95
ตารางภาคผนวกที่ 69. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอก
จากการต้มสุก.....95
ตารางภาคผนวกที่ 70. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอก
จากการแช่แข็ง.....96
ตารางภาคผนวกที่ 71. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพก
จากการแช่เย็น.....96
ตารางภาคผนวกที่ 72. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพก
จากการต้มสุก.....96
ตารางภาคผนวกที่ 73. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพก
จากการแช่แข็ง.....97
ตารางภาคผนวกที่ 74. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
ของเนื้อ วันที่ 0.....97
ตารางภาคผนวกที่ 75. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
ของเนื้อ วันที่ 4.....97
ตารางภาคผนวกที่ 76. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น
ของเนื้อ วันที่ 7.....98
ตารางภาคผนวกที่ 77. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสันนอก.....98
ตารางภาคผนวกที่ 78. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสะโพก.....98

บทที่ 1
บทนำ

ในอดีตการผลิตสุกรนั้น ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญถึงปริมาณของผลผลิตเป็นหลัก เพื่อให้มีเพียงพอกับความต้องการของประชากรภายในประเทศ ในปัจจุบันการเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรรายย่อยหรือเกษตรกรรายใหญ่ก็ตาม ซึ่งเป็นการเลี้ยงสุกรในลักษณะอาชีพเสริม ลักษณะเชิงธุรกิจ และอุตสาหกรรม มีการแข่งขันสูงมากในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์คุณภาพซาก และปริมาณเนื้อแดง มีบทบาทใช้ตัดสินราคาขายของสุกรมากขึ้น ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเป็นสิ่งที่ใช้ทำนายปริมาณเนื้อแดงของซาก และยังใช้แบ่งเกรดของซากสุกรในการบริโภคสุกรของประเทศ (จุฑารัตน์, 2538) ทำให้ได้มีเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตสุกร ตลอดจนการพัฒนางานวิจัย และงานทดลองต่างๆ ทำให้การผลิตสุกรมีปริมาณเพียงพอต้องการบริโภคภายในประเทศ อีกทั้งในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์และความสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับสุขภาพ ผู้เลี้ยงสุกรได้หาแนวทางในการผลิตสุกรให้ได้คุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค โดยให้มีเนื้อแดงมากขึ้นและลดไขมันในซาก แต่ปัจจุบันการใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโต และสารเร่งเนื้อแดงมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบให้มีสารตกค้างในเนื้อสุกร สารเหล่านี้สามารถสะสมในร่างกาย และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ที่บริโภคเข้าไปได้

จากเหตุผลข้างต้นนี้ เป็นจุดที่น่าสนใจ ให้มีการปรับปรุงคุณภาพการผลิตสุกร ทำให้ผู้สนใจศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติ ทดแทนสารเคมี ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและปรับปรุงคุณภาพซาก ผลและเมล็ดมะเกี๋ยงมีสารกลุ่มฟีนอล แทนนิน และแอนโทไซยานิน ซึ่งบำรุงร่างกายในระบบการย่อยอาหารและต่อต้านอนุมูลอิสระ การใช้เนื้อมะเกี๋ยงผสมในสูตรอาหารเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ และปรับปรุงคุณภาพของซาก นอกจากนี้มะเกี๋ยงยังช่วยในการเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง ควบคุมการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อทั้งการเต้นของหัวใจ ช่วยในการพัฒนาอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย รักษาสภาพของเยื่อบุผิวที่อวัยวะต่างๆ ลดหรือป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันโรคข้ออักเสบ เสริมสร้างกระดูก โรคเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ อีกทั้งยังช่วยสังเคราะห์ acetylcholine ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการถ่ายทอดและส่งสัญญาณของเซลล์ประสาท นอกจากนี้ยังช่วยในการดูดซึมวิตามินบี 12 และช่วยให้เลือดแข็งตัวขณะที่เกิดบาดแผล จึงน่าสนใจในการนำมาใช้เสริมในอาหารสุกร ทดแทนสารเคมีที่มีอันตรายต่อผู้บริโภค การที่เราทำการผลิตสุกรให้ได้ตรงกับความต้องการโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งในทางตรงและทางอ้อม และยังช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ การนำมะเกี๋ยงมาแยกเนื้อเอาเมล็ดออกเนื่องจากเมล็ดมะเกี๋ยงมีความฝาดทำให้สุกรกินอาหารได้น้อยลง จึงเลือกใช้เนื้อมะเกี๋ยงในการเลี้ยงสุกร การนำ

มะเกี๋ยงมาใช้ในการผลิตสุกรอาจเป็นแนวทางเลือกใหม่ของเกษตรกรไทยผู้เลี้ยงสุกร โดยการนำสมุนไพรที่หาได้ในท้องถิ่นมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เป็นทางเลือกในการลดต้นทุนการผลิต การปรับปรุงสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกร (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อใช้เนื้อมะเกี๋ยงเสริมในสูตรอาหารสุกรอายุ 15 - 90 กิโลกรัม ต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อสุกร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงระดับต่างๆ ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต เปรียบเทียบองค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อสุกร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความเหมาะสมในการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร
2. ทราบถึงผลการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารระดับต่างๆ ต่อองค์ประกอบของเลือดสุกร
3. ทราบถึงผลของลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรขุนในการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารระดับต่างๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาถึงผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่ระดับต่างกัน

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

มะเกี๋ยง

มะเกี๋ยงเป็นพืชในอันดับ Myrtales จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cleistocalyx nervosum var. paniala ชื่อวิทยาศาสตร์เดิมของมะเกี๋ยงคือ Eugenia paniala Roxb. ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้กันมาตั้งแต่ พ.ศ. 2375 จากการศึกษาทบทวนพรรณไม้ในสกุล Eugenia และ Cleistocalyx ใน พ.ศ. 2536 โดย ดร.ประนอม จันทรโนทัย ได้เสนอให้จัดพืช Eugenia paniala Roxb. มารวมอยู่ในสกุล Cleistocalyx และกำหนดชื่อวิทยาศาสตร์ของมะเกี๋ยงเป็น Cleistocalyx operculatus เช่นเดียวกับต้นหว้าขาว (หว้าน้ำ หรือหว้าส้ม) โดยได้จำแนกออกเป็นสองชนิดพันธุ์คือ Cleistocalyx operculatus var. operculatus (หว้า ขาว) และ Cleistocalyx operculatus var. paniala (มะเกี๋ยง) ต่อมาใน พ.ศ. 2539 ได้มีการศึกษาทบทวนพืชในวงศ์ Myrtaceae ใหม่อีกครั้งหนึ่งและได้เสนอให้เปลี่ยนชื่อวิทยาศาสตร์ของหว้าขาวและมะเกี๋ยงเป็น Cleistocalyx nervosum โดยจำแนกออกเป็นสองชนิดพันธุ์ คือ Cleistocalyx nervosum var. nervosum (หว้าขาว) และ Cleistocalyx nervosum var. paniala (มะเกี๋ยง) (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

มะเกี๋ยงเป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดใหญ่สูง 10-15 เมตร ลักษณะของผลมะเกี๋ยง เป็นผลสดมีเนื้อนุ่มรูปไข่ ผลอ่อนสีเหลืองปนเขียว ผลแก่ เปลือกบางสีแดง แดงปนม่วง ถึงม่วงปนดำ เนื้อผลสีขาว หนา 3–5 มิลลิเมตร เนื้อผลชั้นในเป็นเยื่อ บางหุ้มรอบเมล็ด ในหนึ่งผล มีเมล็ดเพียง 1 เมล็ด เนื้อผลมีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมเฉพาะ ผลมะเกี๋ยงจะเริ่มทยอยสุกและสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน เป็นพืชยืนต้นที่มีขนาดใหญ่สูง 10-15 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามากมาย เปลือกลำต้นสีเทาปนขาว เปลือกร่อนเป็นแผ่น พบมากในแถบจังหวัดภาคเหนือตอนบน เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และน่าน (Jansom et al., 2008) เติบโตดีในพื้นที่สูง โดยเฉพาะพื้นที่ริมห้วย หนอง คลองบึง ที่มีความชุ่มชื้น ตลอดปี ไม่มีน้ำท่วมขัง มักขึ้นอยู่ใกล้แหล่งที่อาศัยของมนุษย์

ผลมะเกี๋ยงนิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยง มีผู้ศึกษาหลายท่านพบว่า มีฤทธิ์ในทางยาหลายๆ ด้าน จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า มีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยในส่วนเปลือกของมะเกี๋ยงพบสารในกลุ่มโพลิฟีนอล และแทนนิน ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกับที่พบในเปลือกและเมล็ดองุ่น สารนี้ทำหน้าที่จับกับสารกระตุ้นการเกิดมะเร็งที่เป็นอนุมูลอิสระทำให้ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ จากคุณค่าทางโภชนาการของมะเกี๋ยง จึงมีการศึกษาการแปรรูปผลมะเกี๋ยงและพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

เช่น น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม ไวน์มะเกี๋ยง เนคต้าร์มะเกี๋ยง มะเกี๋ยงแช่อิ่มแห้ง ชามะเกี๋ยง เยลลี่มะเกี๋ยง มะเกี๋ยงหยี มะเกี๋ยงดอง โยเกิร์ตมะเกี๋ยง และสีผสมอาหารจากมะเกี๋ยง (ทนงศักดิ์, 2544)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปของมะเกี๋ยง

ธีรวัลย์และคณะ (2549) ได้กล่าวว่า มะเกี๋ยงเป็นพืชยืนต้นที่เป็นพืชพื้นเมืองในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ตามโครงการพระราชดาริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ที่สามารถนำมาทำประโยชน์ได้อย่างมากมาย ต้นมะเกี๋ยง เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูง 15-20 เมตร ต้นที่โตเต็มที่อาจมีเส้นรอบวงของลำต้นมากกว่า 1.5 เมตร ลำต้นตรง เปลือกลำต้นสีเทาหรือน้ำตาลปนเทา เปลือกนอกค่อนข้างเรียบ หรือแตกเป็นร่องตื้นตามแนวยาว เปลือกชั้นนอกล่อนหลุดออกเป็นแผ่นบาง เปลือกชั้นในสีน้ำตาลอ่อนปนชมพู เมื่อแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อไม้สีขาวนวลหรือเหลืองอ่อน มีความแข็งปานกลาง มีเสี้ยนค่อนข้างมาก เรือนยอดเป็นพุ่มทรงกระบอกถึงค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 8-5 เมตร แตกกิ่งก้านปานกลาง ผิวกิ่งอ่อนเรียบสีเขียวหรือสีเขียวปนน้ำตาล มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมยาวมีสันโค้ง กิ่งแก่สีเขียวปนเทารูปทรงกระบอกเกือบกลม มีการสำรวจพบส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีอายุประมาณ 10 ปีขึ้นไป ซึ่งเจริญมาจากเมล็ด ระบบรากเป็นรากแก้ว มีระบบรากที่แข็งแรง มีรากแขนงขนาดใหญ่ ต้นมะเกี๋ยงที่มีอายุมากจะสังเกตเห็นรากแขนงมากโผล่ให้เห็นบนผิวดิน ส่วนล่างของลำต้นที่ระดับพื้นดินมักจะมีพูพอนขนาดใหญ่ 3-5 พู ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ต้นและสามารถป้องกันการโค่นล้ม

ใบมะเกี๋ยง มีลักษณะเป็นใบเดี่ยว เกิดบนกิ่งอ่อนออกตรงกันข้ามเป็นคู่ (opposite) มีจำนวนใบกิ่งละ 4-6 คู่ ใบที่เกิดใหม่จัดเรียงในแนวตั้งฉากกับใบคู่ที่อยู่ต่ำลงมา แผ่นใบรูปขอบขนาน (oblong) ถึงรูปรีขอบขนาน (oblong-elliptic) หรืออาจเป็นรูปใบหอก (lanceolate) ขนาดใบกว้าง 8-12 เซนติเมตร ยาว 20-30 เซนติเมตร ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย หลังใบเกลี้ยงสีเขียวเข้มเป็นมัน ท้องใบเรียบสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียว เขียวปนน้ำตาล น้ำตาลปนแดง ถึงแดงเข้ม ยาว 1.5-3.0 เซนติเมตร ก้านใบเป็นรูปทรงกระบอก ด้านบนเรียบ ตรงกลางมีร่องตื้นต่อกับเส้นกลางใบ เส้นกลางใบสีเขียวอ่อน ด้านบนเป็นร่องตื้น ด้านล่างนูนเป็นเส้นโค้ง เส้นแขนงใบ (vein) แยกสลับออกจากเส้นกลางใบ มีจำนวนข้างละ 7-15 เส้น สีเขียวอ่อน มองเห็นได้ชัดทั้งสองด้านของแผ่นใบ ปลายเส้นแขนงมักจรดกับเส้นถัดขึ้นไปโดยอยู่ห่างจากขอบใบ 3-10 มิลลิเมตร และอาจมีเส้นบางชนิดขนานขอบใบอีกหนึ่งเส้น เส้นใบย่อยเป็นร่างแห มีขนาดเล็ก ภายในผิวใบทั้งสองด้านมีต่อมขนาดเล็กสีเหลืองกระจายอยู่ทั่วไป มองเห็นได้ชัดในระยะเป็นใบอ่อน คู่ใบอ่อนพับประกบกันตามแนวยาว มีสีเขียวหรือเขียวปนน้ำตาลถึงสีแดง เมื่อใบเจริญขึ้น ก้านใบจะบิดตัวหันด้านหลังใบขึ้น ใบมะเกี๋ยงมีอายุประมาณ 9-10 เดือน ใบแก่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวปนเหลืองถึงเหลืองปนน้ำตาล และจะหลุดร่วงไป ใบที่แห้งมีสีน้ำตาล (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

ดอกมะเกี๋ยง เกิดบนกิ่งที่มีอายุ 2-5 ปี ตรงบริเวณมุมใบที่ร่วงไปแล้ว ลักษณะเป็นช่อกระจุกแยกแขนง (cymose-panicle) รูปคล้ายปิระมิด กว้าง 6-12 เซนติเมตร ยาว 8-14 เซนติเมตร ก้านช่อดอกเรียบสีเขียวเข้มยาว 2-5 เซนติเมตร แกนกลางของก้านช่อดอก (rachis) มีสีเขียว ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีก้านแขนงแยกออกเป็นคู่ และเรียงตั้งฉากสลับกันขึ้นไป ส่วนปลายก้านแขนงมักมีดอกติดอยู่จำนวน 3 ดอก ดอกมะเกี๋ยงเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีลักษณะสมมาตร ไม่มีก้านดอกหรือก้านดอกสั้นมาก ดอกตูมรูปร่างคล้ายบัลลูน กว้าง 3.7-5.3 มิลลิเมตร ยาว 6.0-8.2 มิลลิเมตร ประกอบด้วยฐานดอกรูปกรวย (hypanthium) สีเหลือง เส้นผ่าศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร สูง 4-7 มิลลิเมตร มีวงกลีบเลี้ยง (calyx) สีเหลืองปิดอยู่ด้านบนคล้ายหมวกกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0-5.5 มิลลิเมตร ส่วนยอดตรงกลางเป็นติ่งแหลม สีเขียว ยาว 0.2-0.5 มิลลิเมตร กลีบดอกบางสีขาวถึงเหลืองอ่อนมีจำนวน 4 กลีบ แบนซ้อนติดกันอยู่ใต้วงกลีบเลี้ยง กลีบดอกสองกลีบที่ด้านบนเป็นรูปห้าเหลี่ยมหรือหกเหลี่ยมด้านไม่เท่า ขอบบางใส ขนาดกว้าง 3.5-4.5 มิลลิเมตร กลีบดอกที่อยู่ด้านล่างรูปครึ่งวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0-3.5 มิลลิเมตร มีฐานแคบยาวโค้งหุ้มรอบก้านเกสรเพศเมีย ผิวด้านบนของกลีบดอกมีต่อมสีเหลืองขนาดเล็กจำนวน 30-50 ต่อม เกสรเพศผู้มีจำนวน 150-340 อัน เรียงเป็นวงสองชั้นติดอยู่รอบขอบฐานดอก ขณะเป็นดอกตูมเกสรเพศผู้ม้วนอัดแน่นเข้าหากลางดอกล้อมรอบเกสรเพศเมีย เมื่อดอกเริ่มบาน เกสรเพศผู้จะขยายตัว ดันส่วนของวงกลีบเลี้ยงและกลีบดอกให้เปิดออก ก้านเกสรเพศผู้จะยืดตัวแผ่ออกเป็นรัศมีเช่นเดียวกับดอกชมพู่ ก้านเกสรเพศผู้สีขาว มีต่อมสีเหลืองติดอยู่ประปรายโดยรอบตลอดความยาว ก้านเกสรเพศผู้ที่อยู่รอบนอกยาว 6-10 มิลลิเมตร ส่วนที่อยู่รอบในยาว 4-7 มิลลิเมตร อับเรณูสีน้ำตาล รูปขอบขนานหรือรูปไข่ ยาว 0.2-0.3 มิลลิเมตร มีรอยแตกตามแนวยาว ปลายก้านเกสรเพศผู้เชื่อมติดกับอับเรณูทางด้านหลัง (dorsifixed) หรือติดกลาง (versatile) เรณู (pollen) สีอ่อนใส รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามุมโค้งมน ขนาด 0.1 มิลลิเมตร เกสรเพศเมียมี 1 อัน ประกอบด้วยก้านเกสรเพศเมีย รูปทรงกระบอกสีเขียว ยาว 6-8 มิลลิเมตร ปลายเรียวแหลม มีรังไข่อยู่ใต้วงกลีบเลี้ยง (inferior ovary) รังไข่รูปกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7-1.0 มิลลิเมตร แบ่งออกเป็น 2 ช่อง ภายในแต่ละช่องมีออวุล (ovule) จำนวน 10-30 อัน ติดอยู่รอบแกนกลางโดยเรียงจากบนลงล่าง แบบพลาเซนตารอบแกนร่วม (axile placenta) (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

ผลมะเกี๋ยง เป็นผลสด มีเนื้อนุ่ม (berry) รูปไข่ขอบขนาน (ovate-oblong) เส้นผ่าศูนย์กลางผล 10-18 มิลลิเมตร ยาว 15-24 มิลลิเมตร ผลอ่อนสีเหลืองปนเขียว ผลแก่มีเปลือกบางสีแดง แดงปนม่วงถึงม่วงปนดำ เนื้อผลสีขาวหนา 3-5 มิลลิเมตร เนื้อผลชั้นในเป็นเยื่อบางหุ้มรอบเมล็ด ในผลหนึ่งๆ มีเมล็ดเพียง 1 เมล็ด ผลรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมเฉพาะ (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

เมล็ดมะเกี๋ยง มีลักษณะรูปไข่หรือกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-10 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดมีหลายเอ็มบริโอ (pllyembryony) เรียงตามขวางของเมล็ด เปลือกเมล็ดสีน้ำตาลอ่อน ภายในสีเขียว

เมล็ดสามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้ตั้งแต่ระยะผลมีอายุ 56 วัน เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดในระยะผลสุกแก่ ภายหลังผลหลุดร่วงจากต้นจะสูญเสียความงอกอย่างรวดเร็ว (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมะเกี๋ยงสด

ตัวอย่าง	สารออกฤทธิ์ชีวภาพ		
	สารประกอบฟีนอล (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	แทนนิน (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	แอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)
เนื้อสด	1,618.18^{b}±16.30	1,113.22^{b}±43.82	281.84±9.96
เมล็ดสด	22,138.25^{a}±557.40	13,043.62^{a}±678.90	ไม่พบ

ที่มา: อัศพงษ์ และสมชาย (2556)

รากมะเกี๋ยง ที่เกิดจากเมล็ดเป็นรากแก้ว สีน้ำตาลเข้ม แตกรากแขนงค่อนข้างมาก รากที่เกิดจากกิ่งตอนมีสีน้ำตาลอ่อนมีขนาดใหญ่กว่ารากที่เกิดจากเมล็ด แต่มีจำนวนน้อยกว่ารากที่เกิดจากกิ่งปักชำ ในส่วนของรากไม่มีกลิ่นหอมเหมือนส่วนอื่นของลำต้น (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

ถิ่นกำเนิดมะเกี๋ยง

ถิ่นกำเนิดของมะเกี๋ยงยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่มีรายงานพบมะเกี๋ยงในประเทศอินเดีย เมียนมาร์ และเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย จากการสำรวจในภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ.2537-2538 ปรากฏว่า พบต้นมะเกี๋ยงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และน่าน มากกว่าในจังหวัดแพร่ แม่ฮ่องสอน พิษณุโลกในจังหวัดอื่นๆ สำรวจไม่พบต้นมะเกี๋ยง มะเกี๋ยงเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 350-550 เมตร โดยเฉพาะพื้นที่ริมห้วยหนองบึง ที่มีความชุ่มชื้นตลอดปี ไม่มีน้ำท่วมขัง และเป็นที่น่าสังเกตว่ามะเกี๋ยงเป็นไม้ผลที่ขึ้นอยู่ใกล้แหล่งที่อยู่อาศัยของผู้คน ไม่พบขึ้นอยู่ในป่าธรรมชาติ นอกจากจะมีผู้นำไปปลูกไว้ จึงสันนิษฐานว่ามะเกี๋ยงเป็นพืชที่คนไทยทางภาคเหนือนำเมล็ดเข้ามาปลูกในเขตหมู่บ้าน (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549)

การเก็บเกี่ยวผลมะเกี๋ยง

การสุกแก่ของผลมะเกี๋ยงในต้นเดียวกันไม่พร้อมกัน เนื่องจากการออกดอกและการพัฒนาของผลไม่พร้อมกัน ผลมะเกี๋ยงเริ่มทยอยสุกสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน วิธีการเก็บผลมะเกี๋ยงที่เหมาะสมคือ ใช้วิธีเขย่าต้นให้ผลสุกร่วง โดยด้านล่างของต้นจะขึงตา

ข่ายพลาสติกรองรับเพื่อป้องกันไม่ให้ผลช้ำเสียหายและทำให้สะดวกต่อการเก็บรวบรวมผล บรรจุในตะกร้า เพื่อนำไปคัดแยกและแปรรูปต่อไป (ธีรวัลย์ และคณะ, 2549) ส่วน อดิศักดิ์ (2555) ได้ศึกษาผลของระยะการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลมะเกี๋ยง โดยการนำเอาผลมะเกี๋ยงที่ 5 ระยะการเก็บเกี่ยว ตามลักษณะสีผล คือ ผลแก่สีเขียว สีเขียวชมพู สีชมพูแดง สีแดง และสีดำ มาทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี พบว่า น้ำหนักผล ความกว้างและความยาวของผล ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าความเข้มสี C (chroma) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าแคโรทีนอยด์, ค่าแอนโทไซยานิน และค่าน้ำตาลมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บเกี่ยว ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ค่าความแน่นเนื้อ ค่ากรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก และค่าคลอโรฟิลล์มีค่าลดลงตามระยะการเก็บเกี่ยว ระยะการเก็บเกี่ยวผลมะเกี๋ยงสีดำ มีค่าการยอมรับมากที่สุด

คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยง

ธีรวัลย์ และคณะ (2549) ได้กล่าวว่าคุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่ควรทำการศึกษา เนื่องจากเป็นพืชวงศ์เดียวกับหว้า มีผู้ศึกษาหลายท่านพบว่าผลหว้ามีฤทธิ์ในทางยาหลายๆ ด้าน จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า มีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก เช่น resveratrol จากการศึกษาทางการแพทย์ได้ใช้สารนี้ในการเป็นยาป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เนื่องจากสารนี้ช่วยในการกระตุ้นการเพิ่มระดับของ HDL (High Density Lipoprotein) ในกระแสเลือด ซึ่ง HDL นี้ จะทำหน้าที่ทำลายไขมันที่เกาะตามผนังหลอดเลือด ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ในส่วนเปลือกของมะเกี๋ยงพบสารในกลุ่มโพลิฟีนอล (polyphenols) และแทนนิน (tannin) ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกับที่พบในเปลือกและเมล็ดองุ่น สารนี้ทำหน้าที่จับกับสารกระตุ้นการเกิดมะเร็งที่เป็นอนุมูลอิสระทำให้ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ จากการวิเคราะห์คุณภาพไวน์มะเกี๋ยงที่ผลิตโดยสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง พบว่า ในไวน์มะเกี๋ยงมีสารประกอบฟีนอลิกในรูปกรดแกลลิก (gallic acid) 22.32 มิลลิกรัมต่อลิตร คาเทชิน (catechin) 84.91 มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบพื้นฐานในผลมะเกี๋ยง

องค์ประกอบ	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ความชื้น (ร้อยละ)	86.72 ± 03.29	-
โปรตีน (ร้อยละ)	0.89 ± 0.22	6.64 ± 1.29
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	0.31 ± 0.10	2.41 ± 0.73
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	0.61 ± 0.19	4.57 ± 0.72
ปริมาณกาก (ร้อยละ)	3.52 ± 1.20	26.32 ± 4.01
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	07.95 ± 2.05	59.91 ± 4.84
ค่าพลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	38.19 ± 8.95	279.58 ± 37.66
น้ำตาล (ร้อยละ)	1.94 ± 1.34	13.92 ± 6.81

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยแร่ธาตุและโลหะหนักในผลมะเกี๋ยง

ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	55.19 ± 28.26	408.60 ± 153.5
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	11.80 ± 4.87	87.32 ± 23.66
เหล็ก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	0.47 ± 0.32	3.50 ± 1.93
สังกะสี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	0.28 ± 0.16	2.38 ± 1.84
ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	0.24 ± 0.20	2.38 ± 1.84
ปรอท (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	0	0

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของวิตามินในผลมะเกี๋ยง

ปริมาณวิตามิน	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
วิตามินเอ (เบต้า-แคโรทีน) (IU/100 g)	625.36 ± 526.43	4574.73 ± 3708.25
วิตามินบี 2	95.89 ± 48.41	717.30 ± 280.16
วิตามินบี 1	47.66 ± 24.39	357.44 ± 154.81
วิตามินอี	0.9 ± 0.0	5.85 ± 1.28

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม)

ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ไอโซ-ลูซีน	26.32 ± 7.76	198.86 ± 31.93
ลูซีน	55.10 ± 15.98	416.95 ± 67.71
ไลซีน	46.79 ± 13.35	354.74 ± 60.42
เมธไธโอนีน	8.93 ± 2.51	67.99 ± 12.69
ซีสตีน	14.29 ± 5.25	109.37 ± 18.12
ฟินิลอะลานีน	67.18 ± 131.42	494.44 ± 155.31
ไทโรซีน	14.66 ± 4.49	108.13 ± 27.80
ทรีโอนีน	31.51 ± 9.16	275.50 ± 105.48
ทริปโตเฟน	9.01 ± 2.27	70.12 ± 17.05
วาลีน	35.37 ± 10.13	267.17 ± 40.19
ฮีสติดิน	16.65 ± 5.14	125.51 ± 21.18

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

ปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
กรดแอสปาร์ติค	65.46 ± 19.35	495.72 ± 85.62
ซีรีน	39.08 ± 11.3	296.10 ± 46.79
กรดกลูตามิค	87.62 ± 25.13	665.95 ± 130.20
โปรลีน	31.95 ± 10.37	243.64 ± 52.46
ไกลซีน	36.62 ± 10.61	277.21 ± 45.06
อะลานีน	43.55 ± 12.58	328.62 ± 51.04
อาร์จินีน	31.18 ± 11.57	239.15 ± 52.85

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539)

การใช้ประโยชน์จากผลมะเกี๋ยง

สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง (2544) ได้กล่าวไว้ดังนี้

ด้านผลิตภัณฑ์อาหาร จากคุณค่าทางโภชนาการของมะเกี๋ยงดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปางโดยงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จึงได้

ทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมะเกี๋ยง พบว่ามะเกี๋ยงสามารถทำผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม ไวน์มะเกี๋ยง เนคตาร์มะเกี๋ยง มะเกี๋ยงแช่อิ่ม-แห้ง ชามะเกี๋ยง แยมมะเกี๋ยง เยลลี่มะเกี๋ยง มะเกี๋ยงหยี โยเกิร์ตมะเกี๋ยง มะเกี๋ยงดอง และสีผสมอาหารจากผลมะเกี๋ยง (แอนโทไซยานิน)

อัศพงษ์ และสมชาย (2556) ศึกษาผลมะเกี๋ยงมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพสูง การแช่อิ่มอบแห้งสามารถช่วยปรับปรุงรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเกี๋ยง แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณภาพของสารออกฤทธิ์ พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลและค่า IC50 ของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแทนนิน, แอนโทไซยานิน และความสามารถในการรีดิวซ์ อุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อทุกปัจจัยที่ทำการศึกษา ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่แช่อิ่มในสารละลายซูโคสความข้น 60 บริกซ์ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอล แทนนิน และแอนโทไซยานิน คือ 372.11±3.74, 301.05±6.26 และ 14.37±1.97 มิลลิกรัมต่อ100 g.dw มีความสามารถในการรีดิวซ์ คือ 5.73±0.06 mmol.Ferrous sulfate/100 g.dw และมีค่า IC50 คือ 18.75±0.00 กรัมต่อลิตร

1. น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มเป็นน้ำมะเกี๋ยงที่ดื่มได้ทันทีโดยไม่ต้องเติมน้ำหรือน้ำแข็ง ทำโดยใช้น้ำมะเกี๋ยงสดร้อยละ 25 เติมน้ำตาลให้มีปริมาณของที่ละลายได้ 15 บริกซ์ และเพคตินร้อยละ 0.1 ผลมะเกี๋ยงที่ใช้ควรเป็นผลที่สุกเต็มที่จะให้น้ำมะเกี๋ยงสีแดงสด ส่วนผลมะเกี๋ยงที่สุกไม่เต็มที่จะได้น้ำมะเกี๋ยงที่มีสีจาง อัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรด (sugar acid ratio) 23 ต่อ 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะในการทำน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มที่ผลิตได้สามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 3 เดือน ในอุณหภูมิห้องที่ปราศจากแสงแดด ถ้าน้ำมะเกี๋ยงได้รับแสงแดดเป็นเวลานานจะทำให้สี กลิ่น และรสชาติ ของน้ำมะเกี๋ยงเปลี่ยนไป ผลิตภัณฑ์น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่มนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไปเป็นอย่างมากเพราะดื่มแล้วทำให้รู้สึกสดชื่น และกระปรี้กระเปร่ามากขึ้น

2. น้ำมะเกี๋ยงเข้มข้นเป็นน้ำผลไม้ที่ต้องนำไปเจือจางด้วยน้ำประมาณ 3 เท่าก่อนบริโภค ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการทำน้ำมะเกี๋ยงเข้มข้นคือ ใช้น้ำตาลในปริมาณร้อยละ 0.4

3. ไวน์มะเกี๋ยงเป็นไวน์ผลไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่มไวน์ชมพู (Rose หรือ Pink wine)เนื่องจากน้ำมะเกี๋ยงมีสีแดงไม่เข้ม โดยทั่วไปไวน์มะเกี๋ยงผลิตเป็นไวน์ชนิด Table wine คือ มีประมาณแอลกอฮอล์ระหว่างร้อยละ 9-14 โดยปริมาตร เนื่องจากผลและน้ำมะเกี๋ยงมีความเปรี้ยวและมีปริมาณกรดมาก ส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกประมาณร้อยละ 1.69 และกรดมาลิก ร้อยละ 0.17 (ทวีพร, 2530) ในการทำไวน์มะเกี๋ยงจึงต้องมีการเจือจางน้ำมะเกี๋ยงด้วยน้ำเพื่อให้มีปริมาณกรดเหมาะสมที่เชื้อยีสต์ สามารถเจริญและสร้างแอลกอฮอล์ได้ตามต้องการ โดยธรรมชาติสีของผลมะเกี๋ยงและน้ำมะเกี๋ยงเกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีตามความเป็นกรด-ด่าง (ทวีพร, 2530) การทำไวน์มะเกี๋ยงทำโดยใช้ผลมะเกี๋ยงแช่แข็งในอัตราส่วนผลมะเกี๋ยงต่อน้ำ

เท่ากับ 1 ต่อ 3 และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ไวน์ที่ได้จะมีสีแดง มีแอลกอฮอล์ร้อยละ 13 โดยปริมาตร มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.66 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) 32.11 กรัมต่อลิตร

ธีรวัลย์ และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไวน์มะเกี๋ยงชนิดหวานเล็กน้อย (semi dry wine) พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 91 ชอบไวน์มะเกี๋ยงชนิดนี้ ในปัจจุบันตลาดไวน์ในประเทศไทยมีแนวโน้มการบริโภคไวน์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไวน์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ การพัฒนาไวน์ผลไม้ในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจอย่างยิ่ง ซึ่งถ้าสามารถพัฒนาคุณภาพไวน์ผลไม้ให้มีคุณภาพทัดเทียมกับไวน์ต่างประเทศและเป็นที่ยอมรับของผู้ บริโภค จะช่วยลดการนำเข้าและลดการเสียดุลการค้าระหว่างประเทศ

4. เครื่องดื่มเนคต้า คือ เครื่องดื่มผลไม้ที่มีส่วนของเนื้อผลไม้ผสมอยู่ด้วยในปริมาณร้อยละ 20-50 มีของแข็งที่ละลายได้หมด 15 บริกซ์ ใช้ดื่มได้ทันทีโดยไม่ต้องเจือน้ำ ส่วนผสมในการทำเนคต้ามะเกี๋ยงที่เหมาะสมคือ เนื้อมะเกี๋ยงร้อยละ 20 น้ำตาลร้อยละ 15 เพคติน ร้อยละ 0.5 และกัวกัม (guar gum) ร้อยละ 0.1

5. การทำแยมมะเกี๋ยง ทำได้โดยใช้เนื้อมะเกี๋ยง ต่อน้ำในอัตราส่วน 30 ต่อ 70 จะได้แยมมะเกี๋ยงที่มีลักษณะเจลที่อยู่ตัวมีความข้นเหนียว เหมาะสำหรับทาบนขนมปัง ให้กลิ่น สี รสชาติที่ดี ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรด-ด่าง 3.2 มีปริมาณกรดร้อยละ 0.79 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 68.5 บริกซ์ ปริมาณเพคตินร้อยละ 2.28 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 28.8

6. การทำมะเกี๋ยงดอง ทำโดยใช้ผลมะเกี๋ยงสุก 600 กรัม ดองในน้ำดอง 2,000 กรัม ที่ประกอบด้วยเกลือแกง ร้อยละ 2.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ดองในภาชนะแก้วโดยใช้ถุงน้ำเกลือปิดทับให้ผลมะเกี๋ยงจมในน้ำดอง และดองนาน 1 เดือน

7. การทำแห้งมะเกี๋ยงโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะปรับรสชาติของมะเกี๋ยงให้มีความหวานเพิ่มขึ้น และความเปรี้ยวลดลง ทำให้ได้ผลมะเกี๋ยงแห้งที่มีรสชาติกลมกล่อม ไม่หวานหรือเปรี้ยวมากเกินไป วิธีการทำมะเกี๋ยงแช่อิ่มแห้ง คือ ใช้ผลมะเกี๋ยงสุกแดง ล้างให้สะอาด คลุกด้วยน้ำตาลทรายร้อยละ 30 เก็บไว้ในตู้เย็น 1 คืน จากนั้นเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลทุกวันในปริมาณร้อยละ 10 ต่อวัน จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 50 จึงนำผลมะเกี๋ยงแช่อิ่มจุ่มในน้ำเดือด เพื่อล้างน้ำเชื่อมที่ติดที่ผิวเปลือกมะเกี๋ยง จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน (tray dryer) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 13 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

8. การทำมะเกี๋ยงหยี ทำโดยใช้เนื้อมะเกี๋ยงบดหยาบในอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยงต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1 เติมกรดซิตริกร้อยละ 1 แบะแซร้อยละ 25 น้ำตาลร้อยละ 40 พริกป่น และเกลือร้อยละ 3 ได้ผลิตภัณฑ์มะเกี๋ยงหยีที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 24.55 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 22.40 ปริมาณกรดร้อยละ 0.95 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.36 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 6.44 และปริมาณเถ้าร้อยละ 2.46

9. ชามะเกี๋ยง จัดเป็นเครื่องดื่มประเภทชาสมุนไพร (herbal tea) ที่ทำจากเนื้อมะเกี๋ยงบดแห้งซึ่งมีข้อดี คือ ชาประเภทนี้ไม่มีสารคาเฟอีน (caffeine) อยู่ การทำชามะเกี๋ยงทำโดยการใช้เนื้อมะเกี๋ยงที่แกะออกจากเมล็ดแล้ว เข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง 1 รอบ ที่ระยะห่างของลูกกลิ้ง 0.1 มิลลิเมตร ได้ชามะเกี๋ยงที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 6.2 ปริมาณความชื้นร้อยละ 7.22 การชงชามะเกี๋ยงในอัตราส่วนชามะเกี๋ยงต่อน้ำร้อน 1 ต่อ 5 ได้น้ำมะเกี๋ยงที่มีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 0.7 เมื่อเติมเกลือร้อยละ 0.25 และปรับให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.22 บริกซ์

10. การใช้ประโยชน์จากผลมะเกี๋ยงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สามารถนำมาใช้ทั้งในรูปของน้ำมะเกี๋ยงผสมในโยเกิร์ตพร้อมดื่มและเนื้อมะเกี๋ยงกวน ในรูปแบบของโยเกิร์ดคงรูปทำโดยใช้มะเกี๋ยงกวนในอัตราส่วนของเนื้อมะเกี๋ยง ต่อ น้ำตาลทราย ต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 2 ต่อ 2 กวนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ได้มะเกี๋ยงกวนที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 71 บริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ร้อยละ 0.54 ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 1.5 นำมาผสมในโยเกิร์ตที่ปริมาณร้อยละ 20 ของเนื้อโยเกิร์ต ที่ประกอบด้วย นมสดที่ผ่านการโอโมจิไนซ์ 100 ส่วน น้ำตาลทราย 7 ส่วน หางนมผง 3 ส่วน แคลเซียมคลอไรด์ 0.02 ส่วน และหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ส่วน การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต ใช้น้ำนมสดที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์ ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 บริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.6 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.19 จำนวน 100 ส่วน น้ำตาลทรายร้อยละ 7 หางนมผงร้อยละ1.5 แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.02 แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์แลคติคแอสิดแบคทีเรียในกลุ่มของ Thermophilic Lactic Culture ชนิดผง YC-380 ของ Hansen แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จะได้ลักษณะเป็นเคิร์ด (curd) และมีเจลที่เรียบ โดยโยเกิร์ตต้องมีปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.80-0.90 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.4-4.6 จากนั้นนำออกจากตู้บ่มและทำให้เย็นอย่างช้าๆที่อุณหภูมิห้องเพื่อป้องกันการหดตัวของเคิร์ด แล้วจึงเก็บโยเกิร์ตไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อโยเกิร์ต

11. สีผสมอาหารแอนโทไซยานิน นอกจากการใช้ประโยชน์ในลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว จากคุณสมบัติ และลักษณะเด่นของผลมะกี๋ยงด้านสีการสกัดสีจากผลมะเกี๋ยงมาใช้ในอาหารนั้น สามารถสกัดได้โดยการต้มในน้ำเดือด สารละลายที่ได้มีสีแดงสด ซึ่งเป็นรงควัตถุแอนโทไซยานิน เหมาะสำหรับนำไปใช้กับอาหารที่สภาพเป็นกรดสูง เช่น น้ำผลไม้ แยมผลไม้แต่ไม่เหมาะกับอาหารที่เป็นกลางหรือด่าง เพราะแอนโทไซยานินเมื่ออยู่ในสภาพเป็นกลางและด่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินคล้ำไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในเชิงอุตสาหกรรม การสกัดแอนโทไซยานินจากผลมะเกี๋ยง ทำโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก 0.4 เปอร์เซ็นต์ w/v ผสมในตัวทำลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ สารละลายที่สกัดได้มีปริมาณแอนโทไซยานิน 29.3 มิลลิกรัม ต่อเนื้อมะเกี๋ยง 100 กรัม มีสีแดงที่ค่า Hue 1.25R

ปริมาณเด๊กซ์โตรสที่เหมาะสมในการทำแอนโทไซยานินผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบระเหิด คือ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ตั้งแต่ 25 ถึง 45 บริกซ์

การใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้มะเกี๋ยง ไม้มะเกี๋ยงมีปริมาณสารแทรกที่ละลายในแอลกอฮอล์-เบนซินร้อยละ 7.68 และ อีเทอร์ร้อยละ 3.77 ซึ่งจะเป็นปริมาณของ waxes, fats, resins oils ส่วนสารประกอบพวก polysaccharide เกลืออินทรีย (organic salts) ยาง (gums) ตลอดจนสานแทนนิน (tannins) และสารให้สี (pigments) ที่มีอยู่ในเนื้อไม้ พิจารณาได้จากค่าการละลายในน้ำร้อนและน้ำเย็นซึ่งพบ 5.43 และ ร้อยละ 4.14 ตามลำดับ ในขณะที่การเน่าเปื่อยหรือผุของไม้เนื่องจากเห็ดและเชื้อราซึ่งพิจารณาได้จากค่าการละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 ไม้ที่ผุง่ายจะมีค่าการละลายสูง สำหรับไม้มะเกี๋ยงมีค่าการละลายร้อยละ 17.76 จัดเป็นไม้ที่มีความทนทานต่อเห็ดราได้ไม่ดีนักเช่นเดียวกับ ไม้ยางพารา และไม้แดง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไม้หว้า ซึ่งเป็นไม้ในวงศ์เดียวกัน พบว่า ไม้หว้าผุง่ายกว่าไม้มะเกี๋ยง (สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2544)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางเคมีของไม้มะเกี๋ยง

ลำดับที่	ลำดับที่	ร้อยละ
1	ความชื้น	10.24
2	การละลายในน้ำร้อน	5.43
3	การละลายในน้ำเย็น	4.14
4	การละลายในสารละลายด่าง (NaOH ร้อยละ 1)	17.76
5	การละลายในอีเทอร์	3.77
6	การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซิน	7.68
7	แพนโทแซน	20.37
8	ลิกนิน	25.82
9	โฮโลเซลลูโลส	78.39
10	เซลลูโลส	42.17
11	เฮมิเซลลูโลส	36.22

ที่มา: สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง (2544)

ปริมาณเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อไม้มะเกี๋ยง คือ มีร้อยละ 78.39 แยกเป็นเซลลูโลสร้อยละ 36.22 มีปริมาณของลิกนินร้อยละ 25.82 เป็นปริมาณน้อยกว่าไม้หลายๆ ชนิด จึงเหมาะที่จะนำไปทำกระดาษได้ดีพอสมควรและยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นที่ใช้

เซลลูโลสเป็นวัตถุดิบ เช่น เรยอน ไฟเบอร์บอร์ด เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าในเนื้อไม้มะเกี๋ยงมีปริมาณแพนโตเซน (pantosan) ร้อยละ 20.37 ซึ่งจัดว่าสูงมากเมื่อเทียบกับไม้อื่นๆ ในประเภทเดียวกัน เช่น ไม้หว้า (ร้อยละ 14.75) ไม้แดงควน (ร้อยละ 14.92) เมื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของเนื้อไม้มะเกี๋ยงพบว่า ไม้มะเกี๋ยงมีลักษณะเบา และจัดอยู่ในกลุ่มไม้เนื้อแข็งปานกลาง เนื้อไม้มีลักษณะเหลืองนวล มีเสี้ยนผสมค่อนข้างมาก ทำให้ยากในการขัดให้เรียบ แต่เมื่อขัดแล้วจะขึ้นเงาได้ดี ปัจจุบันมีผู้นำไปทำเป็นกล่อง ใส่เครื่องประดับ เครื่องเรือน เช่น ตู้ โต๊ะ และเก้าอี้ ส่วนเศษไม้ สามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีก เช่น particle board, fiberboard, hardboard และ medium density fiberboard (MDF) (สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2544)

การใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ผลมะเกี๋ยงนอกจากจะสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว เมล็ดมะเกี๋ยงยังสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันเมล็ดมะเกี๋ยงคือ linalool ร้อยละ 47.26, R-terpinene ร้อยละ 6.19, R-ionone และ caryophyllene ร้อยละ 3.75, terpinen-4-ol ร้อยละ 3.59, linonene ร้อยละ 3.04, linalool (3,7-dimethy 1-1, 6-octadien-3-0) เป็นสารพวก Terpene alcohol ซึ่งมีกลิ่นหอม พบมากในน้ำมันมะกรูด (bergamot oil) ที่ได้จากเปลือกผลไม้สุกประเภท ส้มหรือมะนาว เป็นที่รู้จักในอีกรูปหนึ่งคือ cariandrol (disomer) ซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำหอมและแต่งกลิ่น นอกจากนี้ ยังใช้เป็นสารสำหรับสังเคราะห์สารหอมระเหยและแต่งกลิ่นได้ด้วย (สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2544)

สารสำคัญในมะเกี๋ยง ประกอบด้วยสาร 2 ชนิด ดังนี้

แอนโทไซยานิน

อรุษา (2554) กล่าวว่า แอนโทไซยานินเป็นสารให้สีที่พบในธรรมชาติแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ นอนอะซิเลตเทตแอนโทไซยานิน (Non acylated anthocyanin) และอะซิเลตเทตแอนโทไซยานิน (Acylated anthocyanin)โครงสร้างของแอนโทไซยานิน ประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน น้ำตาล หรือ กรด ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแอนโทไซยานิน ได้แก่ น้ำ เอทานอล เมทานอล และอะซีโตน วิธีการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (Solid Phase Extraction) เป็น วิธีที่นิยมใช้ในการทำให้แอนโทไซยานินบริสุทธิ์ การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สามารถแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด เช่น วิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential) ด้วยสเปคโตรมิเตอร์ และการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานิน โดยใช้เครื่อง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography) การย่อยด้วยกรด และการย่อยด้วยด่างหรือการใช้แมสสเปคโตรมิเตอร์เป็นเทคนิคที่ใช้ร่วมกับเครื่อง HPLC เพื่อการวิเคราะห์แอนโทไซยานินที่ไม่ทราบชนิด

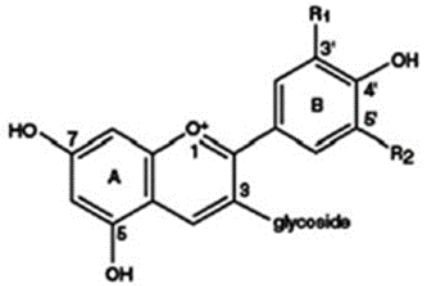
แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบในพืช ทั้งในดอกและในผล ให้สีแดง น้ำเงิน ม่วง ละลายน้ำได้ดี ปัจจุบันนี้แอนโทไซยานินจัดเป็นรงควัตถุที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอันมาก เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และจากการที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้แอนโทไซยานินมีบทบาทต่อการป้องการการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular disease) โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น (Konczak and Zhang, 2004)

Ghiselli ed al., (1998) รายงานถึงประสิทธิภาพของ แอนโทไซยานินในไวน์แดงมีประสิทธิภาพในการกำจัด Reactive oxygen species และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิโปโปรตีน (Lipoprotein) และการตกตะกอนของเกล็ดเลือด

แหล่งของแอนโทไซยานิน ได้แก่ มันเทศสีม่วง ชมพู่มะเหมี่ยว ชมพู่แดง มะเกี๋ยง ลูกหว้า ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วแดง ถั่วดำ หอมแดง ดอกอัญชัน น้ำว่าน-กาบหอย เผือก หอมหัวใหญ่สีม่วง มะเขือม่วง พริกแดง องุ่นแดง-ม่วง แอปเปิลแดง ลูกไหน ลูกพรุน ลูกเกด ลูกหม่อน (มัลเบอรี่) บลูเบอรี่ เชอรี่ แบล็กเบอรี่ ราสเบอรี่ สตรอเบอรี่ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553)

โครงสร้างของแอนโทไซยานิน ประกอบด้วย สารประกอบ 2 หรือ 3 ชนิด ได้แก่

ชนิดที่ 1 คือ แอนโทไซยานิดิน หรืออะไกลโคน (Aglycone) โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน นั้น ประกอบด้วย คาร์บอน 6 อะตอม คาร์บอน 3 อะตอม คาร์บอน 6 อะตอม (C-6-C-3-C-6) เชื่อมต่อกันดังภาพที่ 1 ซึ่งแอนโทไซยานิดินที่พบมากในปัจจุบันจะมีอยู่ 6 ชนิด คือเพลาโกนิดิน (Pelargonidin) ไซยานิดิน (Cyanidin) เดลฟินิดิน (Delphinidin) พีโอนิดิน (Peonidin) เพทุนิดิน (Petunidin) และมอลวิดิน (Malvidin) ซึ่งจะแตกต่างกันตรงตำแหน่ง 3′ หรือ 5′ ว่ามี หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl) หรือเมธอกซิล (Methoxyl) (อรุษา, 2554)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก อรุษา (2554)

ชนิดที่ 2 คือ น้ำตาล ซึ่งน้ำตาลจะเกิดพันธะกับคาร์บอน ตำแหน่งที่ 3 หรือตำแหน่งที่ 3 และ 5 โดยน้ำตาลที่เกิดพันธะได้ เช่น น้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลกาแลคโตส (Galactose) น้ำตาลรูติโนส (Rutinose) น้ำตาลแรมโนส (Rhamnose) เป็นต้น

ชนิดที่ 3 คือ กรด ซึ่งส่วนนี้อาจมีหรือไม่มี ถ้าแอนโทไซยานินมีกรดเป็นองค์ประกอบจะเรียกว่า นอนอะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน (Non acylated anthocyanin) แต่ถ้าไม่มีกรดเป็นการวิเคราะห์แอนโทไซยานินในพืช

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบในพืชทั้งในดอกและในผล ดังนั้นในการวิเคราะห์ชนิดหรือปริมาณของแอนโทไซยานินจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การสกัดให้อยู่ในรูปของสารละลาย การทำให้บริสุทธิ์ และการวิเคราะห์ (อรุษา, 2554) ส่วน นิศารัตน์ (2556) กล่าวว่า ผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน ผักผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีสารสำคัญที่ชื่อว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นเม็ดสีที่ละลายน้ำได้ เป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปตามสภาวะความเป็นกรด-ด่าง เป็นสารที่ให้สีตั้งแต่สีน้ำเงินเข้มหรืออาจไม่มีสีเลยเมื่อในอยู่สภาวะด่าง (pH>7) จะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง (pH=7) และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงถึงแดงเข้มได้ในสภาวะเป็นกรด (pH<7) สารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ที่อยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่มีอยู่ 6 ชนิดที่พบบ่อย ได้แก่ เพลาโกนิดิน (pelargonidin), ไซยานิดิน (cyanidin), เดลฟินิดิน (delphinidin), พีโอนิดิน (peonidin), เพทูนิดิน (petunidin) และ มาลวิดิน (malvidin) ผักผลไม้ที่มีสีน้ำเงิน สีม่วง และ สีแดง ที่มีแอนโทไซยานินสูง ได้แก่ กะหล่ำปลีม่วง มันสีม่วง ชมพู่ มะเหมี่ยว ชมพู่แดง ลูกหว้า ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วแดง ถั่วดำ หอมแดง ดอกอัญชัน น้ำว่านกาบหอย เผือก หอมหัวใหญ่สีม่วง มะเขือม่วง พริกแดง องุ่นแดง-ม่วง แอปเปิ้ลแดง ลูกไหน ลูกพรุน ลูกเกด บลูเบอรี่ เชอรี่ แบล็กเบอรี่ ราสเบอรี่ สตรอเบอรี่ เป็นต้น ช่อแก้ว และคณะ (2554) ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี HPLC และspectrophotometric พบว่าความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินระหว่างสองวิธี อยู่ในช่วง 9.34-44.17 mg/100g seed และพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ระหว่างปริมาณ แอนโทไซยานินที่วัดได้จากทั้งสองวิธีโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ 0.93 ดังนั้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธี spectrophotometric สามารถนำมาใช้วัดปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวได้ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อยและราคาถูกกว่าวิธีการวัดแบบ HPLC พัชราภรณ์ และคณะ (2556) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก พบว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำ งอกเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบ แอนโทไซยานินสูงสุด (20.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) อีกทั้งข้าวเหนียวดำมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)

(ABTS+) เท่ากับ 41.35 เปอร์เซ็นต์ และ 54.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวหอมนิล มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ 40.14 เปอร์เซ็นต์ และ 49.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และข้าวไรซ์เบอรี่ที่ 35.47 เปอร์เซ็นต์ และ 40.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

แทนนิน

สุชาดา (2558) กล่าวว่า สารแทนนินเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) แทนนินถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1796 เรียกว่า tannare ที่มาจากภาษาลาติน แปลว่า เปลือกต้นโอ๊ค เป็นสารประกอบจำพวกโพลีฟีนอล (polyphenol) ที่ละลายได้ในน้ำ และแอลกอฮอล์ให้สีเหลืองหรือสีน้ำตาล มีน้ำหนักโมเลกุล 500-3,000 ดาลตัน มีโครงสร้างสลับซับซ้อน และแตกต่างกันในแต่ละชนิดพืช แทนนินทั่วไปจะมีสีเหลืองหรือน้ำตาล มีรสขม ฝาด พบได้ในพืชทุกชนิดในส่วนของเปลือก ใบ ผล ซึ่งพบปริมาณมากในเปลือกไม้ ที่พืชผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ป้องกันตัวเองจากแมลง ป้องกันเชื้อโรค แมลงเมื่อเกิดบาดแผล จากการสืบค้นเอกสารจึงเกิดสมมติฐานว่าสารแทนนินน่าจะช่วยป้องกันแมลงได้ เพราะถ้าแมลงไม่ชอบ ก็จะไม่เข้าทำลายพืชสารแทนนินนั้นแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. ไฮโดรไลเซเบอ แทนนิน (Hydrolyzable tannins) เป็นชนิดของแทนนินที่ประกอบด้วยโครงสร้างของสาร 2 กลุ่ม คือ ส่วนที่เป็นน้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และสารประกอบโพลีออล ส่วนที่เป็นกรดฟีนอลิก ได้แก่ กรดแกลลิก กรดเฮกซะไฮดรอกซิลไดฟีนิก อนุพันธ์ของ HHDP ทั้งนี้องค์ประกอบส่วนใหญ่จะพบส่วนกรดฟีนอลมากกว่าน้ำตาล แบ่งออกเป็นชนิดย่อยได้ 2 ชนิด คือ

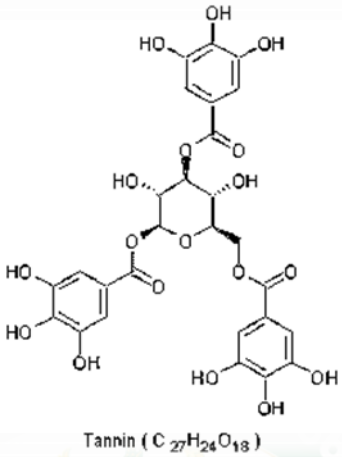
แกลโลแทนนิน (Gallotannins) เป็นสารที่ประกอบด้วยกรดแกลลิกเชื่อมต่อกับน้ำตาลด้วยพันธะเอสเทอร์ เมื่อสลายตัวจะได้กรดแกลลิก และน้ำตาลกลูโคส พบในพืช ได้แก่ โกศน้ำเต้า กานพลู กุหลาบแดง และเหลือก

แอลลาจิกแทนนิน (Ellagitannins) เป็นชนิดที่ประกอบด้วยโครงสร้างของกรดเฮกซะไฮดรอกซิไดฟีนิก (Hexahydroxydiphenic acid) เช่น กรดซิบิวลิก และกรดไฮโดรเฮกซะไฮดรอกซิไดฟีนิกที่รวมอยู่กับน้ำตาลแอลลาจิกแทนนิน เมื่อสลายตัวจะได้กรดเฮกซะไฮดรอกซิไดฟีนิก และเกิดปฏิกิริยาที่ได้กรดแอลลาจิกตามมา พบได้ในพืช เช่น ผลทับทิม ผลสมอไทย ต้นโอ๊ค ต้นยูคาลิปตัส เป็นต้น

2. คอนเดนเซด แทนนิน (Condensed tannins) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) ที่มีความซับซ้อน มีสภาพความคงตัวสูง สลายตัวด้วยน้ำยากกว่าชนิดไฮโดรไลเซเบอแทนนิน พบได้ในกลุ่มพืช อบเชย ชินโคนา หลิว โอ๊ค โกโก้ และใบชา

โครงสร้างโมเลกุลของแทนนินมีแขนค่อนข้างมาก จึงสามารถไปจับกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน น้ำตาล เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เกิดเป็นก้อนตกตะกอนออกมาได้ คุณสมบัตินี้จึง

สามารถนำมาใช้ในการตกตะกอนโปรตีนได้ นอกจากนี้สารแทนนินสามารถจับกับธาตุอาหารพืช และสามารถทำให้ธาตุอยู่ในรูปโครงสร้างที่พืชสามารถดูดซึมเข้าไปได้ง่ายขึ้นอีกด้วย



ภาพที่ 2 โครงสร้างของแทนนิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุนิสา (2555)

ประโยชน์แทนนิน สุชาดา (2558) กล่าวไว้ดังนี้

1. ใช้สำหรับเป็นสารฟอกหนังสัตว์ ทำให้โปรตีนตกตะกอน ทำให้หนังสัตว์อ่อนนุ่ม ช่วยเคลือบติดหนังสัตว์ทำให้ไม่เน่าเปื่อย ป้องกันเชื้อจุลินทรีย์

2. ใช้เป็นส่วนผสมของยาภายใน และภายนอก อาทิ ยารักษาโรคเบาหวานเพื่อช่วยควบคุมสมดุลการหลั่งฮอร์โมนจากตับอ่อน รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมในยาถ่ายพยาธิ ยาแก้ท้องเสีย ท้องเดิน ส่วนยาใช้ภายนอกมักใช้เป็นส่วนผสมของยารักษา และสมานแผลช่วยให้เส้นเลือดหดตัว ป้องกันการสูญเสียน้ำของแผล โดยเฉพาะแผลที่โดนไฟไหม้ น้ำร้อนลวกจะช่วยให้แผลหายได้เร็ว

3. ใช้ผสมยาลดกรดเพื่อแต่งรส รวมถึงมีฤทธิ์ช่วยลดกรดได้ด้วย

4. ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อาทิ เบียร์ ไวน์ ชา และกาแฟ เพื่อให้มีสีใส และมีรสขม ฝาด การป้องกันการเหม็นหืน การป้องกัน และต้านเชื้อแบคทีเรียในอาหาร ป้องกันการเน่าเสีย

5. ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ช่วยต้านอนุมูลอิสระ และลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด

6. ใช้เคลือบยา อาหารหรืออาหารเสริมในรูปของส่วนผสมหรือแคปซูลสำหรับป้องการย่อยตัวยาบริเวณกระเพาะอาหารเพื่อให้ถูกดูดกลืนบริเวณลำไส้มากที่สุด

7. ใช้แทนนินเป็นสารจับกับโปรตีน และไอออนของโลหะในกระบวนการผลิตอาหาร เครื่องดื่มเพื่อกำจัดกลิ่น รสที่ไม่ต้องการ และตกตะกอนโลหะที่เจือปน

8. ใช้สำหรับผลิตกาวไม้อัด เช่น การใช้โปรแอนโทรไซยานิดินแทนนินแทนสารฟีนอลสังเคราะห์ในการผลิตไม้อัด

9. ใช้แทนนินจับกับเกลือของเหล็ก ได้สารประกอบสีน้ำเงินสำหรับผลิตเป็นหมึกพิมพ์ สี และสีย้อม

10. ใช้แทนนินทำปฏิกิริยากับเจลาตินสำหรับใช้เคลือบอาหารบางชนิด เช่น เนื้อสัตว์ เพื่อยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

11. ใช้สำหรับการย้อมแห อวน เชือก เพื่อให้เกิดสีเหลืองหรือน้ำตาล และทำให้มีความทนทานต่อสภาพความเป็นกรด และการผุผัง

วรพจน์ (2541) ศึกษาผลของสารสกัดจากพืชที่มีแทนนินสูง ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้เนื้อสุกรเน่าเสีย

การทดลองตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินโดยวิธีการตกตะกอนโปรตีน ซึ่งมีการวิเคราะห์ในใบฝรั่ง เปลือกมังคุด ชาเขียว ใบพลู กระถิน เปลือกกล้วยน้ำว้า และเนื้อกล้วยน้ำว้า ผลที่ได้ปรากฏว่าใบฝรั่งและเปลือกมังคุดมีปริมาณแทนนินอยู่มากกว่าในพืชสมุนไพรชนิดอื่น

การทดลองตอนที่ 2 เป็นการสกัดสารจากใบฝรั่งและเปลือกมังคุดการยับยั้งการเจริญเติบโตองเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa และ Escherichia coli ผลปรากฏว่าทั้งสารสกัดจากใบฝรั่งและเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งเชื้อ Staphylococcus aureus แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ Pseudomonas aeruginosa และ Escherichia coli ได้

การทดลองตอนที่ 3 เป็นการประยุกต์เอาเนื้อสุกรมาแช่ในสารสกัดจากใบฝรั่งและเปลือกมังคุด เป็นเวลา 20 นาทีปรากฏว่าหลังแช่ สีของเนื้อสุกรที่แช่ในสารสกัดจากเปลือกมังคุดดูคล้ายเนื้อสุกรตามท้องตลาดมากที่สุด และเมื่อนำเนื้อสุกรที่แช่จากสารสกัดมาตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเชื้อในเนื้อสุกรที่แช่ด้วยสารสกัดเปลือกมังคุดมีปริมาณน้อยกว่าเชื้อในเนื้อสุกรที่แช่ด้วยสารสกัดจากใบฝรั่ง ทางผู้จัดทำจึงได้คัดเลือกสารสกัดจากเปลือกมังคุดมาศึกษาต่อในการทดลองตอนที่ 4 ซึ่งเป็นการนำสารสกัดจากเปลือกมังคุดมาทดสอบหาความเป็นพิษต่อเซลล์ พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่มีความเข้มข้น 1:2 และ 1:4 ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ จากผลการทดลองข้างต้นดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าสารสกัดจาก เปลือกมังคุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารยืดอายุอาหารในเนื้อสุกรได้อีกในอนาคต

วิศนีย์ และคณะ (2559) ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่น พบว่า การสกัดสารจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตสารสกัด (14.49±0.32 เปอร์เซ็นต์) และ สารโพลีฟีนอลทั้งหมด (11.52±0.91 มิลลิกรัม GAE ต่อ กรัมของเปลือกไม้) มากที่สุด สารสกัดที่ได้มีค่า Stiasny number 86.16±2.63 เปอร์เซ็นต์ หรือมีสารฟีนอลิกซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์มากที่สุดคิดเป็น 12.48±0.54

เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเปลือกไม้ อย่างไรก็ตาม การสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้สารสกัดที่มีคอนเดนส์แทนนินสูงที่สุด เท่ากับ 17.75±2.08 มิลลิกรัมของ catechin ต่อ กรัมของเปลือกไม้ และอมรรัตน์ (2557) ศึกษาการใช้สารแทนนินในใบฝรั่งรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรระยะดูดนม พบว่าน้ำต้มใบฝรั่งทำให้ลูกสุกรหายจากโรคท้องร่วงเร็ว ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยยาเอ็นโรฟล๊อกซาซิน (4.4 วัน และ 4.5 วัน) แต่ลูกสุกรทั้ง 2 กลุ่มหายจากโรคท้องร่วงเร็วกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำต้มใบพลูและกล้วยน้ำว้าดิบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และลูกสุกรทุกกลุ่มมีน้ำหนักหย่านม 28 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วน นาม และคณะ (2535) ศึกษาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของข้าวฟ่างที่มีระดับแทนนิน ต่างกันในอาหารสุกรรุ่นและขุน พบว่า ในสุกรรุ่นการย่อยได้ของวัตถุแห้งให้ผลแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีข้าวฟ่างระดับแทนนินสูง การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง ส่วนในสุกรขุนพบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อได้รับอาหารที่มีข้าวฟ่างระดับแทนนินสูง ในสุกรรุ่นพบว่าการย่อยได้ของโปรตีน คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนสุทธิ พลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อสุกรได้รับอาหารข้าวฟ่างระดับแทนนิน 0.9 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรขุน การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อได้รับอาหารข้าวฟ่างแทนนิน สูง 0.9 เปอร์เซ็นต์ ค่าการย่อยได้ของโปรตีน คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนสุทธิ แม้ว่าให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มจะมีค่าลดลงเมื่อได้รับอาหารที่มีข้าวฟ่างระดับแทนนินสูงขึ้น สำหรับค่าพลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อสุกรได้รับอาหารที่มีระดับแทนนินในข้าวฟ่างสูงขึ้น และ นาม และคณะ (2535) ศึกษาการใช้ข้าวฟ่างที่มีแทนนินระดับต่างกันเป็นอาหารสุกรรุ่น-ขุน พบว่าทั้งในสุกรรุ่นและสุกรขุนสมรรถภาพการผลิต และลักษณะคุณภาพซากให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรรุ่นและสุกรขุนเลวลง เมื่อสุกรได้รับอาหารที่มีข้าวฟ่างระดับแทนนินที่สูงขึ้น

การเจริญเติบโตของสุกร

วิวัฒน์ (2555) กล่าวว่า การเลี้ยงสุกรขุนแบ่งช่วงการเลี้ยงได้เป็นหลายช่วง ตั้งแต่เป็นลูกสุกรอนุบาล (Nursery) ช่วงสุกรเล็ก (Starter) ช่วงสุกรรุ่น (Grower) และช่วงสุกรขุน (Finisher) ซึ่งในแต่ละช่วงใช้เวลาเลี้ยงไม่เท่ากัน อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน จำนวนอาหารที่กินต่างกัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวก็ต่างกันด้วย โดยทั่วไปการเลี้ยงสุกรขุน จะเริ่มต้นที่สุกรเล็ก (Starter) ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 12-15 กิโลกรัม และเลี้ยงไปจนถึงขายที่น้ำหนัก 90-105 กิโลกรัม บางกรณีอาจถึง 120 กิโลกรัม ดังนั้น จากการขายสุกรที่น้ำหนักต่างกัน จะทราบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่ช่วงน้ำหนักต่างกัน จาก 12 กิโลกรัม ถึง 120 กิโลกรัม

ช่วงน้ำหนักสุกร (กิโลกรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว
12-30	500	1.6
30-60	700	2.5
60-90	800	3.0
90-105	900	3.3
105-120	1000	3.8

ที่มา: วิวัฒน์ (2555)

สำหรับอัตราการเจริญเติบโตในสุกรขุนมีความสำคัญต่อระยะเวลาการเลี้ยงมาก กล่าวคือ สุกรขุนที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการทดสอบมาแล้วว่ามีพันธุกรรมที่มีการเจริญเติบโตดี จะสามารถทำให้ระยะเวลาการเลี้ยงสั้นลงได้มาก

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบระยะเวลาการเลี้ยงสุกรขุนที่มีอัตราการเจริญเติบโต 600, 700 และ 800 กรัมต่อวัน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	ADG 600	ADG 700	ADG 800
	ใช้เวลาเลี้ยง (วัน)	ใช้เวลาเลี้ยง (วัน)	ใช้เวลาเลี้ยง (วัน)
78 (12-90)	130	111	97
83 (12-95)	138	119	104
88 (12-100)	147	126	110
93 (12-105)	155	133	116
98 (12-110)	163	140	122
103 (12-115)	172	147	129
108 (12-120)	180	154	135

ที่มา: วิวัฒน์ (2555)

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่า ถ้าเลี้ยงสุกรสายพันธุ์ดีที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง เช่น 800 กรัมต่อตัวต่อวัน จะสามารถขายสุกรได้เร็วขึ้นถึง 33 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่มีอัตราการเจริญเติบโต 600 กรัมต่อตัวต่อวัน กรณีที่ขายสุกรที่น้ำหนัก 90 กก และถ้าขายสุกรที่น้ำหนัก 105 กิโลกรัมจะขาย

ได้เร็วขึ้น 39 วัน หรือเร็วขึ้นกว่า 1 เดือนในแต่ละรอบการเลี้ยง นั่นหมายถึงความสำคัญของสายพันธุ์สุกรที่เลี้ยงในแต่ละวงจรการเลี้ยง (วิวัฒน์, 2555)

การให้อาหารสุกรขุน สุกรขุนตั้งแต่น้ำหนัก 60 กิโลกรัมขึ้นไป น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากน้ำหนัก 60 กิโลกรัมไปแล้วจะเป็นไขมันเสียส่วนใหญ่ ดังนั้นอาหารโปรตีนมีความจำเป็นน้อยลงในสุกรช่วงนี้ แต่โปรตีนก็จำเป็นจะต้องมีในอาหาร ทั้งนี้เพื่อรักษาปริมาณเนื้อแดงที่สะสมไว้แล้วนั่นเอง วัตถุดิบอาหารหลักที่ใช้ในช่วงนี้คือ รำละเอียด ปลายข้าว หรือข้าวโพด การให้อาหารสุกรในช่วงนี้อาจดัดแปลงให้เข้ากับสภาวะตลาด เช่น ถ้าตลาดยังซบเซา หรือราคาสุกรถูก อาจเลี้ยงถ่วงโดยการจำกัดอาหารหรือใช้วัตถุดิบอย่างอื่น ๆ ที่คุณภาพเลวกว่าและถูกกว่ามาแทน สุกรก็จะโตช้าลงทำให้ยืดระยะเวลาการส่งตลาดออกไปได้ เมื่อตลาดสุกรเริ่มดีขึ้นก็อาจจะเร่งสุกรให้โตเร็วขึ้นโดยการให้สุกรกินเต็มที่ พร้อมทั้งให้ปลายข้าวหรือข้าวโพดมากขึ้น สุกรจะอ้วนอย่างรวดเร็วและส่งตลาดภายในระยะเวลาไม่นานนัก อาหารสุกรในช่วงนี้เรียกว่า อาหารสุกรขุน (finishing ration) ควรมีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย, 2539)

การจัดการเลี้ยงสุกร

บุญลือ (2536) ได้กล่าวว่าสุกรในแต่ละระยะต้องการการปฏิบัติดูแลแตกต่างกัน การจัดการสุกรแต่ละชนิด จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้เลี้ยงสัตว์ควรที่จะทำการศึกษาให้เข้าใจ เพื่อให้สามารถปฏิบัติกับสุกร ได้อย่างถูกต้อง จึงจะได้สุกรที่ดีตามต้องการ การจัดการสุกรแบ่งออกเป็น 5 ระยะคือ การจัดการสุกรแม่พันธุ์ การจัดการลูกสุกรแรกเกิดถึงหย่านม การจัดการสุกรอ่อน การจัดการสุกรขุน และการจัดการสุกรพ่อพันธุ์

คุณภาพซาก

จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่า ซากสุกรประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน โดยในระยะการเจริญเติบโตจะมีอิทธิพลต่ออวัยวะดังกล่าว โดยอัตราส่วนระหว่างกล้ามเนื้อ และกระดูกจะเปลี่ยนแปลงมากในระยะแรกของการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะปลาย ซึ่งต่างกับอัตราส่วนระหว่างกล้ามเนื้อและไขมัน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต ในการพิจารณาว่าซากมีคุณภาพดีหรือไม่นั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้

1. อัตราส่วนของกล้ามเนื้อต่อไขมัน เป็นตัวกำหนดคุณภาพซาก หมายความว่าซากที่ดีจะต้องมีปริมาณเนื้อแดงสูงและไขมันน้อย โดยที่เนื้อแดงและไขมันจะต้องมีคุณภาพดี ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมเนื้อแดงในซากมีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น พันธุ์, เพศ, น้ำหนักและอายุ, สภาพแวดล้อม, ระดับพลังงาน และโปรตีนในสูตรอาหาร, จำนวนอาหารที่สุกรได้รับในแต่ละวัน แต่สาเหตุที่สำคัญที่

จะมีคุณภาพซากมีปริมาณเนื้อแดงมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์เป็นอย่างมาก (จุฑารัตน์, 2538)

2. คุณภาพเนื้อ เนื้อสุกรคุณภาพดีต้องได้มาจากสุกรที่มีคุณภาพดี มีการเจริญเติบโตตามปกติ การเลี้ยงดูดี และไม่มีโรค ไม่ควรทำให้สุกรตกใจหรือเครียดก่อนหรือขณะฆ่า เพราะทำให้เนื้อมีสีซีด นิ่ม และแฉะ หรือถ้ามีเลือด ตกค้างในกล้ามเนื้อมากกว่าปกติ เนื้อนั้นจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ จะทำให้เนื้อเน่าเสียง่าย

จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่า คุณภาพของเนื้อสัตว์มีความหมายแตกต่างกันตามความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้ใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งมีจุด ประสงค์ในการนำเนื้อไปใช้ต่างกัน เช่น แม่บ้านที่ปรุงอาหารจะให้ความสำคัญของเนื้อที่ความน่ารับประทาน เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ ส่วนนักโภชนาการจะให้ความสำคัญเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ ปริมาณไขมันที่มี ในเนื้อและการปนเปื้อนของสารตกค้างในเนื้อสัตว์ เป็นต้นลักษณะของเนื้อที่สำคัญ ที่มีส่วนกำหนดคุณภาพของเนื้อสุกร ได้แก่

2.1 สีของเนื้อ

สัตว์อายุมากเนื้อจะเหนียวมาก สีเข้มกว่า เป็นผลมาจากการเชื่อมกัน (cross-linking) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และปริมาณไมโอโกลบิน (myoglobin) ในเนื้อ เนื้อที่มีไขมันแทรกจะทำให้ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับ จตุพร (2551) กล่าวว่า สีของเนื้อเป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้บริโภค ตัดสินใจในการซื้อหรือไม่ซื้อ สีของเนื้อจะแตกต่างกันตาม เพศ อายุ ตลอดจนชิ้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละและตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-red) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารอ๊อกซิไมโอโกลบินขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับพื้นเขียงไม้ ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบินขึ้น ทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาล (brown) (อรวินทร์ และประชา, 2522) รงควัตถุที่ให้สีแดงของเนื้อสัตว์เป็นโปรตีน ได้แก่ ไมโอโกลบิล ซึ่งมีมากในกล้ามเนื้อ และเฮโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งมีมากในเลือด ในกล้ามเนื้อ เฮโมโกลบินจะยังคงเหลือติดอยู่บ้างในเส้นเลือดฝอย และอวัยวะที่มีเลือดไปหล่อเลี้ยงมาก เช่น ตับและหัวใจเป็นต้น รงควัตถุทั้งสองชนิดนี้มีหน้าที่รับออกซิเจนไว้ใช้สำหรับเมตาโบลิซึมของสัตว์ เฮโมโกลบินพาออกซิเจนไปตามเส้นโลหิตไปสู่อวัยวะต่างๆ ส่วนไมโอโกลบินรับออกซิเจนจากเฮโมโกลบินเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2.2 ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ

ไขมันแทรกสามารถใช้เป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพเนื้อได้ เนื่องจากการมีไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใย กล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มความนุ่ม กลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะในเนื้อแต่ละประเภทได้

เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ เนื่องจากเนื้อจาก สัตว์ทั้งสองชนิดจะเหนียวมากขึ้นตามการทำงานของกล้ามเนื้อและอายุสัตว์เนื้อที่มีไขมันแทรกจึงได้ราคาดี กว่า ในขณะที่ เนื้อบางประเภท เช่น เนื้อสุกรและเนื้อไก่ ซึ่งได้จากสัตว์ที่อายุน้อยกว่าเนื้อจึงมีความเหนียวน้อยกว่าจึงอาจจะไม่เน้นความ สำคัญในเรื่องไขมันแทรกมากนัก (จุฑารัตน์, 2538) ส่วน ชยพล (2556) กล่าวว่า การสะสมของไขมันแทรกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เท่ากันจะเพิ่มขึ้นจากส่วนหัวไปยังส่วนท้ายของซากเป็นไขมันที่ร่างกายสะสมเป็นลำดับสุดท้ายแต่จะถูกนำไปใช้ก่อนเมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงานการที่โคเครียดหรืออดอาหารก่อนฆ่าเคยมี ความเชื่อว่าการมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อแสดงถึงความนุ่ม (Tender) ของเนื้อแต่มีการศึกษาพบว่าไขมันแทรกมีผลต่อความนุ่มของเนื้อเพียงร้อยละ 5 ถึง 10 เท่านั้นการมีไขมันแทรกมีส่วนทำให้เนื้อนุ่มและชุ่มฉ่ำโดยเฉพาะในเนื้อส่วนที่มีราคาสูงแต่ไม่ได้หมายความว่าเนื้อที่ไม่มีไขมันแทรกจะไม่นุ่มถ้าฆ่าโคที่อายุน้อยความนุ่มเนื่องจากไขมันแทรกไม่มีผลแต่อย่างใดการที่ไขมันแทรกทำให้เนื้อนุ่มเนื่องจากไขมันมีโครงสร้างที่อ่อนนุ่มเมื่อไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อย่อยทำให้โครงสร้างของเนื้อมีความแข็งแรงลดลงแผ่นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มรอบมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Perimysium) ที่มีไขมันมากจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อแยกจากกันได้ง่ายเมื่อเคี้ยวและไขมันทำให้ปากรู้สึก (Mouth feel) ถึงความนุ่มของเนื้อการที่ทำให้ชุ่มฉ่ำเนื่องจากไขมันช่วยเพิ่มการไหลเวียนของน้ำลายในปากและช่วยในการบดเคี้ยวลดการสูญเสียของน้ำขณะที่ปรุงอาหารและความชุ่มฉ่ำมีความสัมพันธ์โดยตรง

2.3 ความนุ่มของเนื้อ

ความนุ่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้ออร่อยหรือไม่ เนื้อที่มีความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยว เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณแก้มและลิ้นจะทำให้รู้สึกอ่อนนุ่มและเมื่อเคี้ยวไประยะหนึ่งเนื้อจะยุ่ยละเอียด จึงทำให้ผู้บริโภค เกิดความพอใจเนื้อที่มีความนุ่มได้มากกว่าเนื้อที่เหนียว ความนุ่มของเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ วิธีการเลี้ยงดูกรรมวิธีการ ปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่า ระหว่างฆ่าและหลังฆ่า วิธีเตรียมเพื่อบริโภค ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน พันธุ์สัตว์ อายุและการดูแล ไม่ให้สัตว์มีความเครียดก่อนการฆ่ารวมถึงการบ่มจะช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น การเตรียมเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคบางวิธี ก็สามารถทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันสลายตัวและทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น นอกจากนั้น การเลี้ยงดูสัตว์เพื่อการบริโภคเนื้อโดยเฉพาะ ก็จะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม เนื้อสัตว์ที่มีความนุ่มมีราคาสูงกว่าเนื้อที่เหนียว ดังนั้น จึงอาจต้องทำให้เนื้อนุ่ม โดยใช้วิธีการต่างๆ ได้แก่ การบด หรือใช้วัตถุแหลมคม เช่น ปลายส้อมหรือเหล็กแหลมขนาดเล็กแทง การใช้ค้อนที่เป็น ปุ่มแหลมทุบชิ้นเนื้อเพื่อให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาดจะช่วยทำให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ อาจใช้สารเคมีได้เช่นกัน เช่น การใช้กรดอ่อน โดยใช้น้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาวหมักเนื้อ กรดอ่อนเหล่านี้จะช่วย ให้เกิดการบวมน้ำของคอลลาเจน ซึ่งทำให้ พันธะไฮโดรเจนภายในคอลลาเจนถูกตัดขาดจึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น อีกวิธีหนึ่งที่นิยมกันมากคือการใช้เอนไซม์ เช่น เอนไซม์ปาเปน (papain) ที่มีในยางจากใบและผลมะละกอดิบ เอนไซม์โบรมิ

ลิน (bromelin) ในสับปะรด เอนไซม์เหล่านี้มี คุณสมบัติในการย่อยโปรตีนได้ เมื่อผสมหรือคลุกเคล้ากับเนื้อจะช่วยย่อยโปรตีนคอลลาเจน และอิลาสติน จนมีผลทำให้ เนื้อ นุ่มขึ้นแต่ต้อง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมมิฉะนั้นอาจทำให้ชิ้นเนื้อถูกย่อยจนเปื่อยได้ (จุฑารัตน์, 2538)

2.4 กลิ่นและรสชาติของเนื้อ

จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่า กลิ่นและรสจัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพในการแปรรูปเนื้อ ถ้าเนื้อมีกลิ่นและรสผิด ปกติจะถือว่าเนื้อนั้นมีคุณภาพต่ำ เนื้อสัตว์สดใหม่จะมีกลิ่นอ่อนมากและมีรสชาติหวาน เค็ม เปรี้ยว หรือขมนิดหน่อยเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะทางชีวเคมีและแหล่งที่มาของชิ้นเนื้อนั้น รสชาติของเนื้อจะปรากฏออกมาเมื่อนำเนื้อไป ทำให้สุก กลิ่นรสของเนื้อที่ผ่านการให้ความร้อนมีองค์ประกอบทางเคมีที่ค่อนข้างซับซ้อน สารเคมีที่ระเหยออกมาระหว่างการให้ ความร้อนแก่เนื้อประกอบด้วยกรดอะมิโน กำมะถัน กรดอะมิโน เพปไทด์ กรดที่ระเหยได้และสารระเหยได้อื่นๆ เป็นต้น กลิ่นผิดปกติในเนื้อสัตว์อาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุดังต่อไปนี้

2.4.1 กลิ่นของเพศ

สัตว์ตัวผู้จะมีกลิ่นของเพศผู้ที่รุนแรงมาก กลิ่นนี้จะสะสมอยู่ในไขมันและเนื้อของสัตว์ โดยเฉพาะเนื้อสุกร จะมีกลิ่นเพศที่รุนแรงมาก เนื่องจากมีสารสเตียรอยด์ของฮอร์โมนเพศผู้จึงทำให้เกิดกลิ่นนี้ขึ้นจึงต้องทำการตอนสุกร พ่อพันธุ์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วก่อนจะส่งโรงฆ่านานประมาณ 6 สัปดาห์ เพื่อให้กลิ่นเพศในไขมันและในเนื้อหมดไป วิธีการทดสอบว่าเนื้อมีกลิ่นเพศหรือไม่สามารถทำได้โดยการนำเนื้อไปต้ม ซึ่งกลิ่นเพศจะระเหยออกมาคล้ายกับกลิ่นของปัสสาวะของสัตว์

2.4.2 กลิ่นอาหาร

ตัวอย่างของกลิ่นอาหารในเนื้อและในไขมันที่เห็นได้ชัด ได้แก่ อาหารที่มีปลาป่นในระดับสูงหรือเศษ อาหารที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ ในบางประเทศได้ออกกฎหมายห้ามใช้ปลาป่นที่มีไขมันเกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ผสมในอาหาร เพื่อเลี้ยงสัตว์ในระยะขุน ทั้งนี้พบว่าเนื้อจะมีกลิ่นเหม็นเหมือนน้ำมันปลา การที่เนื้อมีกลิ่นก็เนื่องมาจากการหืนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ที่มีอยู่มากในไขมันปลานั่นเอง

2.4.3 กลิ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายไขมันในร่างกาย

ปฏิกิริยาการทำลายไขมันที่สะสมมากไปในร่างกายจะทำให้กระบวนการ สร้างและสลายของ คาร์โบไฮเดรตทำหน้าที่ผิดปกติไป ซึ่งมักจะพบในสัตว์ที่คลอดลูกใหม่หรือสัตว์ที่อดอาหารเป็นเวลานานร่างกายสัตว์ จะดึงไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ทำให้เกิดการสร้างอะซิโตนขึ้นและสะสมอยู่ตามเนื้อเยื่อในร่างกาย เมื่อไขมัน ถูกทำลายก็จะเกิดกลิ่นตามมาได้

2.4.4 กลิ่นจากสารรอบข้าง

เนื้อเยื่อของสัตว์มีความสามารถในการดูดกลิ่นที่อยู่รอบข้าง กลิ่นนี้อาจเป็นกลิ่นมาจากยาฆ่าแมลง พยาธิ ภายนอก กลิ่นน้ำยาทำความสะอาดที่ใช้ล้างรถยนต์บรรทุกเนื้อหรือในห้องเย็นเก็บซาก หรืออาจมาจากการดูด กลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรมใกล้เคียง เป็นต้น

2.5 ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ

ความฉ่ำน้ำ คุณสมบัติที่ผู้บริโภคต้องการในเนื้อสัตว์อีกประการหนึ่ง คือ ความรู้สึกฉ่ำน้ำ เพราะทำให้มีความรู้สึกว่าเนื้อมี ความอร่อยมีความชุ่มฉ่ำ และน้ำที่ออกมาจากเนื้อยังทำให้รสชาติดีอีกด้วยสิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกฉ่ำน้ำหลังจากเคี้ยว เนื้อคือปริมาณน้ำที่ยัง เหลืออยู่ในเนื้อซึ่งเป็นผลมาจาก ความสามารถใน การอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์และปริมาณไขมัน แทรกในกล้ามเนื้อจะช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มฉ่ำภายในปากนั่นเอง ความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อสัตว์เกิดจากโปรตีนในกล้ามเนื้อมีความเป็นประจุสูงจึงสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดี ขณะที่เมื่อกล้ามเนื้อ เกิดการเกร็งตัวเนื้อ จะมีความเป็นกรดสูงขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้น ประจุขั้วลบเหล่านี้จะไปทำให้ประจุในเนื้อ มีค่าเป็นกลาง (neutralization) จึงทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้หลุดออกไปเรียกจุดที่ประจุขั้วบวกมีจำนวนเท่ากับขั้วลบ ว่าจุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point) ซึ่งจะทำให้โมเลกุลน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อที่ได้มีความสามารถในการจับ น้ำต่ำมาก ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อมีค่า pH ประมาณ 5.0 ความสามารถอุ้มน้ำเป็นการกักเก็บน้ำให้เกือบเท่าหรือเท่าเดิมได้ แม้มีแรง จากภายนอก เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัดมากระทำความสามารถในการอุ้มน้ำมีความ สำคัญต่อสมบัติ ทางกายภาพของเนื้อหลายประการ เช่น สี ความแน่นลักษณะโครงร่าง และความหยาบละเอียดของเนื้อ เสมอความสามารถ ในการอุ้มน้ำของเนื้อจะส่งผลกระทบต่อการหดตัวของเนื้อใน ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อที่มีความ สามารถในการอุ้มน้ำ ต่ำจะเกิดการสูญเสียความชื้นได้ สูงจึงทำให้น้ำหนักเนื้อลดลงมาก ตามความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยเฉพาะในเนื้อที่เก็บ โดยไม่มีการป้องกันการระเหยของน้ำการแก้ไขทำได้ โดยการใช้วัสดุที่มีอัตรา การส่งผ่านน้ำต่ำคลุมหรือห่อหุ้มชิ้นเนื้อไว้ แต่วิธีนี้จะไม่เหมาะสำหรับเนื้อพีเอสอีเนื่องจากจะยิ่งทำให้ มีน้ำซึมเยิ้มมากกว่าปกติซึ่ง ทำให้ผู้ บริโภคไม่ยอมรับเนื้อมากขึ้น (จุฑารัตน์, 2538)

2.6 ความแน่นของเนื้อ

ความแน่นประเมินได้จากความแน่นของเนื้อพื้นท้อง หรือจากความแน่น ของส่วนผิวหน้าของเนื้อแดง ที่เป็นผลมาจากการมีไขมันแทรกอยู่ในเนื้อ เมื่อนำเนื้อมาแช่เย็นไขมันที่อยู่ชั้นในจะแข็งขึ้นและแข็งกว่าส่วนเนื้อแดง ในซากที่มีไขมันมากจึงแข็งและแน่นกว่าซากที่มีไขมันน้อยหรือที่มีเนื้อแดงมาก และส่วนของเนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรก มากก็จะแข็งและแน่นกว่าเนื้อที่มีไขมันแทรกน้อย ความแข็งและแน่นของเนื้อจะช่วยทำ ให้ส่วนตัดส่วนย่อยของเนื้อ มีลักษณะที่ดีและน่าซื้อไปบริโภค โดยสอดคล้องกับ สัญชัย (2543) กล่าวว่า เนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่

ค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างได้ดี ความแน่นของเนื้อมีความสำคัญต่อการตัด การหั่น การวางจำหน่าย ตลอดจนการนำไปแปรรูป ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อได้แก่ สภาวะหดตัว-เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis) ไขมันแทรก (Marbling fat) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ขนาดของมัดกล้ามเนื้อและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

2.7 คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อ

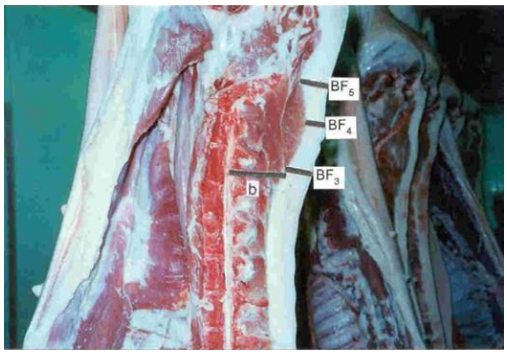
ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน นอกจากนี้ คุณภาพทางโภชนาการของเนื้อจะต้องคำนึงถึง ประโยชน์ที่ร่างกายได้รับ เช่น ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของเนื้อหรือ ปริมาณสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์นั้น

2.8 ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย

ลักษณะเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเส้นใยในเนื้อ เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีลักษณะหยาบ ซึ่งถ้านำมัดกล้ามเนื้อมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่าเนื้อที่มีลักษณะเนื้อหยาบอาจเกิดการเพิ่มขนาดของเส้นใย ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหด-เกร็งของกล้ามเนื้อ และตำแหน่งของกล้ามเนื้อ เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อละเอียด เช่น เนื้อสัน เป็นต้น

การประเมินคุณภาพซาก

การจัดเกรดซากสุกรจึงควรนำมาใช้ เพื่อเป็นการซื้อขายจากคุณภาพของซากและเนื้อสุกร วิธีการในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการจัดระดับชั้นของคุณภาพซากสุกรนั้นมีหลายวิธี ทั้งการใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงมาประเมินปริมาณเนื้อแดง ตลอดจนถึงการประเมินโดยใช้สายตาจากผู้ที่มีความชำนาญ อย่างไรก็ตาม สำหรับการจัดเกรดซากสุกรในโรงฆ่าขนาดเล็กนั้น วิธีการที่เหมาะสมในการจัดเกรดซากสุกรคือ การใช้ค่าดัชนี ความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกหรือ LSQ (Lenden-Speck-Quotient) ค่าดังกล่าวนี้ เป็นค่าที่ได้จากการวัดความหนาของไขมันสันหลัง 2 ตำแหน่ง และความหนาของกล้ามเนื้อ (จุฑารัตน์ และคณะ, 2545)



BF3: ตรงจุดที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

BF4: ตรงจุดที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

b: วัดจากจุดที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ Gluteus Medius ไปตั้งฉากกับแนวของท่อนำไขสันหลัง

$$LSQ = \frac{BF3+BF4}{2b}$$

ภาพที่ 3 ตำแหน่งในการวัดเพื่อคำนวณค่าดัชนี LSQ

ที่มา: จุฑารัตน์ และคณะ (2545)

จุฑารัตน์ และคณะ (2545) ได้ทำการแบ่งค่าดังกล่าว ออกเป็น 6 ระดับ (ตารางที่ 10) คือ ระดับขั้นสูงสุด มีดัชนี LSQ≤0.20และระดับขั้นต่ำสุดเท่ากับ ≥0.45 ซึ่งแต่ละระดับขั้นมีดัชนี LSQ ต่างกัน 0.05 พบว่า ระดับขั้นสูงที่สุดเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ 48.76, 46.88, 45.05, 43.37, 42.00 และ 40.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างของเนื้อแดงในแต่ละระดับชั้นที่ติดกันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 เกณฑ์การจัดแบ่งระดับชั้นคุณภาพซากสุกรตามเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (n=751ตัว)

ระดับเกรด	ค่าดัชนี LSQ	จำนวน (ตัว)	[1/]เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง	[2/]เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง
สูงที่สุด	≤0.20	66	48.76	60.85
สูงมาก	0.21-0.26	182	46.88	58.75
สูง	0.27-0.32	243	45.05	55.90
ปานกลาง	0.33-0.38	161	43.37	53.54
ต่ำ	0.39-0.44	81	42.00	51.10
ต่ำมาก	≥0.45	18	40.31	48.42

[1/]เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่แยกเอาไขมันและกระดูกออกโดยได้จากชิ้นส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือสะโพกสันนอกไหล่ ตอนบนไหล่ ตอนล่าง ไม่รวมสามชั้นซี่โครง ขาหน้า และขาหลัง

[2/]เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่ได้รับจากการตัดแต่งแยกเอาเนื้อ ไขมัน และกระดูก ออกจากซากทั้งตัว คำนวณได้จากสมการ Y=49.123-0.55983BF4+0.22096b ซึ่งได้รับการรับรองทางกฎหมายของสมาพันธ์ยุโรป 96/4/Ea (397D 0813) ปัจจุบันใช้ในประเทศออสเตรีย

ที่มา: จุฑารัตน์ และคณะ (2545)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

จุฑารัตน์ และคณะ (2541) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาการจัดการระดับเกรดซากสุกรในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นการสำรวจคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่เลี้ยงในระดับอุตสาหกรรมในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้ค่าดัชนี LSQ ซึ่งเป็นวิธีการในการประเมินคุณภาพซากสุกรขุนที่ทำการสำรวจ พบว่า น้ำหนักซากสุกรขุนที่ส่งเข้าโรงฆ่าสัตว์ของประเทศเฉลี่ยอยู่ที่ 85.48±12.05 กิโลกรัม หรือประมาณ 110 กิโลกรัมของน้ำหนักสุกรมีชีวิตที่ส่งเข้าโรงฆ่า ค่าดัชนี LSQ ของสุกรขุนที่เลี้ยงในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าเท่ากับ 0.29, 0.28 และ 0.32 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ภาค มีค่าเท่ากับ 0.29±0.08 ด้านคุณภาพเนื้อจากการเก็บข้อมูล ค่า pH ในเนื้อ พบว่าโอกาสในการเกิด PSE ในสุกรทั้งหมดที่ได้มีการสำรวจ 3 ภาค อยู่ในเกณฑ์ไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์

ตอนที่ 2, 3 และ 4 ได้ศึกษาเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพซากสุกร เพื่อสร้างเกณฑ์มาตรฐานในการจัดเกรดซากสุกร และศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรขุนลูกผสมที่เลี้ยงภายใต้ระบบการจัดการสูตรอาหารและสายพันธุ์ที่ได้มาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก ระหว่างระดับชั้นทั้งหมดด้วยวิธี Duncan’s new

multiple range test โดยใช้โปรแกรม SAS พบว่า ค่าดัชนี LSQ เป็นวิธีการที่ใช้ในการประเมินคุณภาพซากได้ดีกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลัง เนื่องจากค่าดัชนี LSQ แปรตามขนาดน้ำหนักซากน้อยกว่าค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลังมาก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากอยู่ในช่วง 72-96 กิโลกรัม พบว่าน้ำหนักซากและค่าดัชนี LSQ ไม่มีความสัมพันธ์กัน และสามารถสร้างเกณฑ์วัดคุณภาพซากสุกรโดยกำหนดระดับชั้นคุณภาพเป็น 6 ระดับ ดังนี้ ระดับชั้นที่ 1 มีค่า LSQ≤0.20 ระดับชั้นที่ 2 มีค่า LSQ 0.21-0.26 ระดับชั้นที่ 3 มีค่า LSQ 0.27-0.32 ระดับชั้นที่ 4 มีค่า LSQ 0.33-0.38 ระดับชั้นที่ 5 มีค่า LSQ 0.39-0.44 และระดับชั้นที่ 6 มีค่า LSQ≥0.45 ทั้งนี้ในแต่ละระดับชั้นมีปริมาณเนื้อแดงเท่ากับ 48.47, 46.88, 45.05, 43.37, 42.00 และ 40.31 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 14.39, 16.34, 18.07, 19.49, 20.62 และ 22.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์ไขมันในแต่ละระดับชั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างดัชนี LSQ กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าเท่ากับ 0.69 และ 0.67 (P<0.001) ตามลำดับ

คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรขุนลูกผสมที่เลี้ยงภายใต้ระบบการจัดการสูตรอาหารจาก 3 แหล่งผลิตสายพันธุ์ที่ได้มาตรฐาน พบว่าค่าเฉลี่ย LSQ ของสุกรขุนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.30 โดยมีการกระจายหรือความถี่ของจำนวนสุกรที่อยู่ในแต่ละระดับชั้นคุณภาพซากสุกรขุนที่ใช้เกณฑ์มาตรฐานLSQ ดังนี้ระดับชั้นที่ 1 (LSQ≤0.20) เท่ากับ 8.8 เปอร์เซ็นต์ ระดับชั้นที่ 2 (0.21-0.26) เท่ากับ 24.4 เปอร์เซ็นต์ ระดับชั้นที่ 3 (0.27-0.32) เท่ากับ 32.4 เปอร์เซ็นต์ ระดับชั้นที่ 4 (0.33-0.38) เท่ากับ 20.4 เปอร์เซ็นต์ ระดับชั้นที่ 5 (0.39-0.44) เท่ากับ 10.8 เปอร์เซ็นต์ และระดับชั้นที่ 6 (LSQ≥0.45) เท่ากับ 2.4 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าสุกรขุนที่เลี้ยงภายใต้ระบบการจัดการที่ถูกต้องและมีมาตรฐานโดยไม่ใช้สารเร่งเนื้อแดง คุณภาพซากสุกรอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและควรเป็นที่ยอมรับได้ โดยจะพบว่ามีจำนวนถึง 65 เปอร์เซ็นต์ของสุกรขุนทดลองทั้งหมดที่อยู่ในระดับชั้นของมาตรฐาน EU

คุณภาพเนื้อสุกรขุนทดลองพบว่าโอกาสที่เนื้อจะเป็น PSE มีประมาณ 8.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่ดี และโอกาสที่เนื้อจะเป็น DFD มีเพียง 3 เปอร์เซ็นต์ ระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.64 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็จัดอยู่ในเกณฑ์ของสุกรขุนที่เป็นอยู่ทั่วไปในรายงานวิจัยต่างประเทศ

ตอนที่ 5 ศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่ได้รับสารเร่งเนื้อแดง ทำการศึกษาผลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกรขุน พบว่า การใช้สารซัลบูตามอลไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร แต่มีผลทำให้สุกรกินอาหารลดลง (P<0.05) ช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกร (P<0.01) และมีแนวโน้มว่าต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของสุกรในกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอลจะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารซัลบูตามอล การใช้สารซัลบูตามอลมีผลทำให้ความยาวซาก ความหนา ไขมันสันหลัง ค่าดัชนีความหนาไขมันสัน

หลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) และพื้นที่หน้าตัด ไขมันสันหลังลดลง (P<0.01) เท่ากับ 3.45, 10.00, 27.27 และ 16.08 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอลตามลำดับ แต่มีพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก และสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น (P<0.01) 15.23 และ 38.09 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอล ตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม และกระดูกรวมในซากลดลง (P<0.01) 20.39 และ 4.88 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวมในซากเพิ่มขึ้น (P<0.01) 10.74 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอล

คุณภาพเนื้อทำการศึกษาผลของสารซัลบูตามอลที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอก และต่อคุณภาพเนื้อสุกรด้านความเป็นกรด–ด่างของเนื้ออุณหภูมิใจกลางของกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุง สีของเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ และปริมาณคอลลาเจนของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรกลุ่มดังกล่าว จำนวน 200 ตัว โดยศึกษาจากกล้ามเนื้อสันนอกของซากซีกซ้ายของสุกร

กันยา และคณะ (2541) ได้ศึกษาคุณภาพของซากและคุณภาพเนื้อของสุกร ที่ผลิตภายใต้สภาพการเลี้ยงดูในประเทศไทย และศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวข้อมูลในการวิจัย พบว่า น้ำหนักซากสุกรรวมหัวเฉลี่ยเท่ากับ 82.29 กิโลกรัม (52.30-118.80 กิโลกรัม) ความยาวซากเฉลี่ยเท่ากับ 93.84 เซนติเมตร ความหนาของไขมันสันหลังเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 เซนติเมตร และ LSQ เท่ากับ 0.293 อย่างไรก็ตาม ลักษณะคุณภาพซากดังกล่าวจะแตกต่างกันในแต่ละภาค ส่วนการศึกษาด้านคุณภาพเนื้อของสุกรที่ผลิตภายใต้การเลี้ยงดูในประเทศ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.37 และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 ลักษณะด้านคุณภาพเนื้อจะแตกต่างกันในแต่ละภาคเช่นกัน ส่วนความสัมพันธ์ด้านคุณภาพซากของลักษณะที่ศึกษา พบว่า น้ำหนักซากมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) กับลักษณะที่ศึกษาทั้งหมด ส่วนความยาวซากมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความหนาของไขมันสันหลัง และ LSQ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และความหนาของไขมันสันหลังมีความสัมพันธ์กับ LSQ ในทางบวกเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังตายแล้ว

สุเมธ (2554) กล่าวว่า หลังจากที่สัตว์ผ่านกระบวนการฆ่าแล้ว ภายในก้อนเนื้อจะค่อยๆ มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในก้อนเนื้อลดลงและหมดไป กล้ามเนื้อจะเกิดการเกร็งตัว ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค ทำให้ความเป็นกรดมีมากขึ้น โดยค่าความเป็นกรดจะลดลงจาก pH 6.5 การเกร็งตัวของเนื้อสัตว์ในระยะนี้เรียกว่า rigor mortis เป็นระยะที่

เนื้อมีความเหนียว ถ้าทำการเก็บเนื้อไว้ในสภาวะที่มีความเย็นประมาณ 0-5 องศาเซลเซียส สักพักเอนไซม์พวกโปรติเอสจะทำให้เนื้อเกิดความนุ่มขึ้น

เนื่องจากการลดลงของ pH เนื่องจากการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกรดแลคติคหลังจากการถูกฆ่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของเนื้อลดลงด้วย ถ้าเนื้อมีความเป็นกรดมากก็คุณภาพของเนื้อก็ลดลง การที่สัตว์ได้รับการพักผ่อน และป้องกันไม่ให้สัตว์ตกใจ หรือถูกทุบตี จะทำให้เนื้อมีคุณภาพดี มีความเป็นกรดด่างประมาณ 5.8-5.6 แต่ถ้าสัตว์มีการตื่นตกใจ หรือเหนื่อยก่อนถูกฆ่า ความเป็นกรดด่างหลังถูกฆ่าจะต่ำถึง 5.4 ทำให้โปรตีนในเนื้อเสียสภาพธรรมชาติ เช่น ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการอุ้มน้ำ รวมทั้งสีจะเข้มขึ้นด้วย

เนื้อที่มีคุณภาพดีจะมีสีแดง เนื่องจากเม็ดสีไมโอโกลบิน (myoglobin) ปริมาณเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากจะมีไมโอโกลบินมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย เม็ดสีไมโอโกลบินเมื่ออยู่ในสภาพที่มีออกซิเจน จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็น oxymyoglobin ซึ่งมีสีแดงสด ดังนั้นเนื้อที่สดจึงมีสีแดงสด ส่วนเนื้อที่เก่าหรือเกิดการเน่าเสียมีสีเขียว เนื่องจากสารประกอบพวก sulmyoglobin และ cholemyoglobin สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อบางชนิดเช่น แฮม เบคอน และไส้กรอก ผลิตภัณฑ์พวกนี้มีสีแดงเนื่องจากสารไนตริกออกไซด์ ซึ่งได้จากการแตกตัวของเกลือไนเตรทและไนไตรทที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน เป็นสารประกอบ ไนโตรโซไมโอโกลบินที่มีสีแดง และเมื่อโดนความร้อนสารประกอบนี้จะเปลี่ยนเป็นไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) มีสีชมพู ซึ่งเป็นสีที่คงทน

เลือด

พิพัฒน์ (2536) กล่าวว่า เลือดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบไหลเวียนเลือดของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งทำ งานร่วมกันอย่างมีระบบ เพื่อจัดหาปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับเซลล์ในร่างกาย ทำให้เซลล์สามารถดำรงชีพ และทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลให้ร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถดำรงชีพอยู่ได้อย่างปกติ

วิน (2549) กล่าวว่า เลือดทำหน้าที่นำสารอาหาร และออกซิเจนไปให้เซลล์ และยังนำของเสียที่เซลล์ไม่ต้องการไปกำจัดออกนอกร่างกาย ในร่างกายของคนจะมีเลือดอยู่ประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ถ้านำเลือดไปปั่นแยก พบว่า เลือดถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำเลือดหรือพลาสมา (plasma) กับเซลล์และชิ้นส่วนของเซลล์ (formed elements)

องค์ประกอบของเลือด

วิน (2549) กล่าวว่า เลือดจัดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเป็นของเหลวไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือด ประกอบด้วย

1. ส่วนที่เป็นน้ำเลือดที่เรียกว่า พลาสมา (plasma) เป็นของเหลวที่เป็นตัวกลางให้เม็ดเลือดแขวนตัวลอยอยู่ คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของเลือด น้ำเลือดเป็นส่วนที่เป็นของเหลวค่อนข้างใส มีสีเหลืองอ่อน ค่อนข้างใส ประกอบด้วยน้ำประมาณ 90-93 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 7-10 เปอร์เซ็นต์ ที่สำคัญ คือ อัลบูมิน (albumin) และโกลบูลิน (globulin) องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น แร่ธาตุหรืออิออน สารอาหาร เอนไซม์ ฮอร์โมน เป็นต้น นอกจากน้ำเลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหาร แร่ธาตุ ฮอร์โมน แอนติบอดี ยังช่วยรักษาสมดุลความเป็นกรด-เบส สมดุลน้ำ และรักษาอุณหภูมิของร่างกาย

2. ส่วนที่เป็นเม็ดเลือด (Corpuscles หรือ formed elements) คือส่วนที่เป็นตัวเซลล์แขวนลอยไหลเวียนในหลอดเลือดทั่วร่างกาย ได้แก่ เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือดหรือทรอมโบไซต์ คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ของเลือด

เม็ดเลือดแดงเป็นเม็ดเลือดที่มีปริมาณมากที่สุด โดยในคนเรามีเลือด 5 ลิตร เป็นเม็ดเลือดแดง 25 ล้านล้านเม็ด ปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือดในเพศชายมีค่าเท่ากับ 5.5-6.0 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิลิตร และในเพศหญิงมีค่าเท่ากับ 4.5-5.0 ล้านเซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิลิตร โดยปริมาณเลือดขึ้นอยู่กับ อายุ บทบาทของร่างกาย ภูมิอากาศ ระดับความสูงของที่อยู่ พยาธิสภาพของโรคที่เกิดกับร่างกายเม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีลักษณะกลมแบน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7-8 ไมครอน ตรงกลางเว้าเข้าหากัน (biconcave) เนื่องจากไม่มีนิวเคลียสและไมโตคอนเดรีย เม็ดเลือดแต่ละเม็ดจะบรรจุฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ได้ 250 ล้านโมเลกุล ภายในเม็ดเลือดห่อหุ้มสารละลายต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่คือ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เอนไซม์ (enzyme) และพวกอิออน (ion) เพื่อทำหน้าที่ขนถ่ายออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างปอด และเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกาย และทำ หน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ที่ปรับความสมดุลของกรดและเบส (acid - basebuffer) ของเลือด เม็ดเลือดแดงถูกสร้างในไขกระดูก โดยมีความดัน ปริมาณออกซิเจนในเลือดตลอดจนการเสียเลือด และการได้รับเลือด เป็นปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการสร้างเลือด มีฮอร์โมนอีริโทรพอยอีติน (erythropoietin) ในเลือดเป็นตัวควบคุมการสร้างเม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน ถูกทำ ลายในม้าม ตับ และไขกระดูก

เม็ดเลือดขาวสร้างจากไขกระดูก มีนิวเคลียส มีหน้าที่สำคัญคือต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย โดยเม็ดเลือดขาวของสัตว์เลือดลูกด้วยน้ำนม เม็ดเลือดขาวในกระแสเลือดมีหลายชนิด โดยมีหน้าที่หลักคือป้องกันและทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายมีคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. เม็ดเลือดขาวสามารถเคลื่อนที่ผ่านผนังหลอดเลือดฝอยสู่เนื้อเยื่อ ไปยังบริเวณที่มีเชื้อโรค (diapedesis)

2. เม็ดเลือดขาวสามารถเคลื่อนเข้าไปหาเชื้อโรค โดยการดึงดูดของสารเคมีที่ถูกปล่อยจากเชื้อโรค เช่น แบคทีเรีย (chemotaxis)

3. เม็ดเลือดขาวสามารถจับกินสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีคล้ายอะมีบา เข้าโอบล้อมและย่อยเชื้อโรค หรือสิ่งแปลกปลอมนั้น (phagocytosis)

เกล็ดเลือดเกิดจากชิ้นส่วนของไซโทพลาสซึมของเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ในกระดูกที่แตกออกจากกัน และหลุดเข้าสู่หลอดเลือด มีลักษณะเป็นแผ่นกลมไม่มีนิวเคลียส มีรูปร่างไม่แน่นอน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ไมโครเมตร (มีขนาดเล็กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดงประมาณ 4 เท่า) มีประมาณ 2.5-5 แสนชิ้นในเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มีอายุสั้นประมาณ 3-4 วันเท่านั้น มีหน้าที่ช่วยให้เลือดแข็งตัว (blood clotting) โดยการสร้างสารทรอมโบพลาสติน (thromboplastic) ออกมา กระจายอยู่ทั่วไปกลางเซลล์ ในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดอื่นๆ มีต้นกำเนิดมาจากเซลล์เมกะคาริโอไซต์ (megakaryocyte) ในไขกระดูก ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น จะพบองค์ประกอบนี้เป็นเซลล์ที่เรียกว่า ทรอมโบไซต์ (thrombocyte) ทำหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด ช่วยทำให้เลือดหยุดไหลหรือห้ามเลือดเมื่อเกิดบาดแผล

ไขมันในพลาสมา

ยุวฉัตร (2543) และ นันทยา (2532) กล่าวว่า ในพลาสมาประกอบด้วยไขมันชนิดต่างๆ ซึ่งละลายได้ไม่ดีในน้ำ ถึงแม้ว่าไขมันบางชนิดจะมี ฟอสโฟลิปิด หรือไนโตรเจน เป็นส่วนประกอบอยู่ก็ตาม สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

1. ฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เป็นไขมันที่พบมาที่สุดในพลาสมา โดยฟอสโฟลิปิดทำหน้าที่เป็นตัวฟอก เป็นไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มต่างๆในสิ่งมีชีวิต โครงสร้างคล้ายไตรกลีเซอไรด์ แต่มีกรดไขมันเพียงสองโมเลกุล โดยอีกตำแหน่งหนึ่งจะมีหมู่ฟอสเฟตมาเกาะและจะมีสารอื่นมาเกาะที่หมู่ฟอสเฟต อีกต่อหนึ่งซึ่งเป็นการกำหนดชนิดของฟอสโฟลิปิด เช่น โคลีน (choline) หรือ เซอรีน (serine) ถูกสร้างบนแกนกลางที่เป็น กลีเซอรอล (glycerol) ซึ่งเชื่อมต่อกับหางสองเส้นที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันโดยรูปแบบการเชื่อม ต่อที่เป็นเอสเตอร์ (ester) และหนึ่งหัวที่มีรูปแบบการเชื่อมต่อเป็นฟอสเฟตเอสเตอร์ ฟอสโฟลิปิดแบ่งได้ ดังนี้

1.1 กรดฟอสฟาติดิก (phosphatidic acid) หรือ ฟอสฟาติเดท เป็นฟอสโฟลิพิดที่มีโครงสร้างที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วย กลีเซอรอล กรดไขมัน และ หมู่ฟอสเฟต กรดฟอสฟาติดิก พบได้น้อยในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นสารอินเทอร์มีเดียต (intermediate) ในการสงเคราะห์ไทรเอซิลกลีเซอรอล และ ฟอสโฟลิพิดบางชนิด

1.2 ฟอสฟาติคิลโคลีน (phosphatidylcholine) หรือ เลซิทิน (lecithin) เป็นฟอสโฟ-ลิพิดที่มีสารประกอบโคลีน (choline) มาทำพันธะกับหมู่ฟอสเฟต เป็นฟอสโฟลิพิดที่มีมากที่สุดใน

สัตว์และพืชชั้นสูง โดยพบมากที่สุดในเยื่อหุ้มเซลล์ของพืชและสัตว์ เลซิทินบริสุทธิ์จะเป็นขี้ผึ้งแข็ง สีขาว เมื่อโดนอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายคอลลอยด์ เลซิทินทำหน้าที่เป็นสารต้านแรงตึงผิวในเซลล์ปอด เป็นส่วนประกอบในน้ำดีซึ่งทำหน้าที่เป็น emulsifying agent ช่วยให้ไขมันแตกตัว เป็นตัวทำละลายคอเลสเทอรอล เลซิทินพบมากในไข่แดง ถั่วเหลือง ถ้าได้จากถั่วเหลืองจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตนมและลูกกวาด

1.3 ฟอสฟาติคิลเอทาโนลามีน (phosphatidylethanolamine) หรือ เซฟาลิน ต่างจากเลซิทิน ตรงที่สารที่มาทำพันธะกับหมู่ฟอสเฟต เป็น ethanolamine เซฟาลินเป็นสารที่พบมากที่สุดในร่างกายโดยเฉพาะบริเวณศีรษะและเยื่อกระดูกสันหลัง มีหน้าที่สำคัญในขบวนการแข็งตัวของเลือด

1.4 ฟอสฟาติคิลอินโนซิทอล (phosphatidylinosital) เป็นฟอสโฟลิพิดที่มีสารที่มาทำพันธะกับหมู่ฟอสเฟต เป็น inositol พบมากที่เยื่อหุ้มเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

1.5 ฟอสฟาติคิลเซอรีน (phosphatidylserine) เป็นฟอสโฟลิพิดที่มีกรดอะมิโนเซอรีน (serine) มาทำพันธะกับหมู่ฟอสเฟต พบที่เยื่อหุ้มเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

1.6 ฟอสฟาติคิลกลีเซอรอล (phosphatidylglycerol) เป็นฟอสโฟลิพิดที่มีกลีเซอรอล (glycerol) มาทำพันธะกับหมู่ฟอสเฟต พบมากที่ในเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรีย เป็นสารต้นตอของ cardiolopin

1.7 คาร์ดิโอไลพิน (cardiolopin) หรือ ไดฟอสฟาติดิลกลีเซอรอล (diphosphatidyl-glycerol) โครงสร้างประกอบด้วยกรดฟอสฟาติดิก 2 โมเลกุลต่อกับโมเลกุลของกลีเซอรอลด้วยพันธะโคเวเลนต์ พบในผนังชั้นในของไมโทคอนเดรีย และผนังเซลล์แบคทีเรีย

1.8 ไลโซฟอสโฟกลีเซอไรด์ (lysophosphoglyceride) เป็นฟอสโฟลิพิดที่ถูกทำลายพันธะเอสเทอร์ไป 1 พันธะ จะได้อนุพันธ์ของฟอสโฟกลีเซอไรด์ที่เรียกว่า lysophosphoglyceride มีคุณสมบัติเป็นสารซักฟอก สามารถรวมตัวเป็นไมเซลล์แยกลิพิดและโปรตีนออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สลายตัว

1.9 พลาสมาโลเจน (plasmalogen) หรือ อีเทอร์กลีเซอไรด์ฟอสฟอลิพิด มีโครงสร้างคล้ายกับกลีเซอโรฟอสฟอลิพิด แต่ต่างกันตรงที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกลีเซอรอลมาทำพันธะอีเทอร์กับไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวที่มี จำนวนคาร์บอนประมาณ 12-13 อะตอม โดยคาร์บอนอะตอมที่ 1 และ 2 ของสายไฮโดรคาร์บอนจะมีพันธะคู่แบบ cis พลาสมาโลเจนที่พบส่วนใหญ่ คือ phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine และ phosphatidyl serine พบได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสโฟลิพิดทั้งหมดที่พบในสมองและกล้ามเนื้อ

2. สฟิงโกลิพิด (sphingolipid) เป็นลิพิดที่เกิดจากเอสเทอร์ระหว่างกรดไขมันกับสฟิงโกซีน สฟิงโกลิพิดพบมากเป็นอันดับสองรองจากกลีเซอโรฟอสฟอลิพิด ส่วนใหญ่พบในเยื่อเซลล์ ส่วนน้อยจะพบในไขมัน

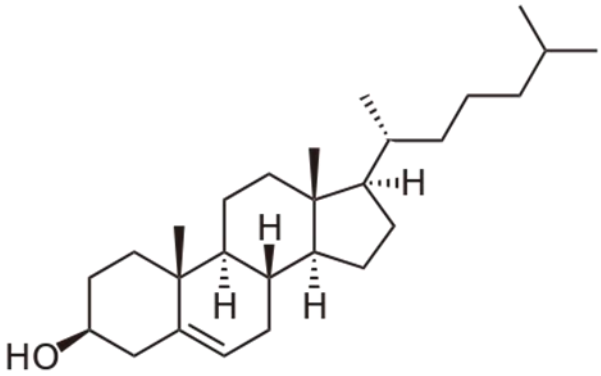
สฟิงโกซีน (sphingosine) เป็นสารจำพวกอะมิโนแอลกอฮอล์ที่มี C18 อะตอม มีโครงสร้าง 2 ส่วน คือส่วนหัวซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้วประกอบด้วยหมู่ 10 ไฮดรอกซิล (-CH2-OH) และส่วนหางซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีขั้วประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนสายยาวและมีหมู่อะมิโนอยู่ตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C2) หมู่อะมิโนของสฟิงโกซีนสามารถสร้างพันธะเอไมด์กับหมู่คาร์บอกซิลของกรดไขมัน ได้สารประกอบที่เรียกว่า เซอราไมด์ (ceramide) หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่อยู่ตรงส่วนหัวของเซอราไมด์สามารถสร้างพันธะเอสเทอร์กับสารประกอบอื่นๆ ได้หลายชนิด สฟิงโกลิพิดที่สำคัญได้แก่ สฟิงโกไมอีลีน กาแลกโทซิลเซอราไมด์ และกลูโคซิลเซอราไมด์ เป็นต้น

2.1 สฟิงโกไมอีลีน (sphingomyelin) เป็นสฟิงโกลิพิดที่พบมากที่สุด โครงสร้างมีหมู่โคลีนฟอสเฟต (phosphocholine) จับกับไพรมารีไฮดรอกซิลของเซอราไมด์ สฟิงโกไมอีลีนพบที่เยื่อหุ้มเซลล์สัตว์และปลอกไมอีลีนที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท

2.2 กาแลกโทซิลเซอราไมด์ (galactosylceramide) โครงสร้างมีกาแลกโทสจับกับไพรมารีไฮดรอกซิลของเซอราไมด์ด้วยพันธะไกลโคซิดิก

2.3 กลูโคซิลเซอราไมด์ (glucosylceramide) โครงสร้างมีกลูโคสจับกับไพรมารีไฮ-ดรอกซิลของเซอราไมด์ด้วยพันธะไกลโคซิดิก กลูโคซิลเซอราไมด์เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไกลโคลิพิดอื่นๆ เช่น แกงกลิโอไซด์ เป็นต้น

3. คอเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นอนุพันธ์ของไขมัน แม้ว่าจะมีการจับตัวกับไขมันอยู่เสมอ ๆ ก็ไม่จัดว่าเป็นไขมัน แต่แยกออกไว้เป็นอีกประเภทหนึ่ง พบในเซลสัตว์ทุกเซลล์และไม่พบในพืช แต่พืชบางชนิดมีสารที่สัมพันธ์กับคอเลสเตอรอลหลายรูปแบบด้วยกัน คอเลสเตอรอลในเลือดพบได้ 2 รูป คือ ในรูปคอเลสเตอรอลอิสระและคอเลสเตอรอลเอสเตอร์ (cholesterol ester) ซึ่งไฮดรอซิลของคอเลสเตอรอลจับตัวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยมีเอ็นไซม์ acyl cholesterol acyl transferase (ACAT) เป็นตัวช่วย การเคลื่อนย้ายหรือขนส่งคอเลสเตอรอลในร่างกายใช้โปรตีนที่ชื่อว่า ไลโปโปรตีน (lipoprotein) ซึ่งมีแกนกลางเป็นไขมันชนิดไม่มีขั้ว (nonpolar lipid) เช่น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอลเอสเตอร์ เป็นต้น และล้อมรอบด้วยไขมันชนิดที่ละลายน้ำได้บางส่วน (amphipathic lipid) เช่น ฟอสโฟลิปิด คอเลสเตอรอล เป็นต้น และมีโปรตีนบางชนิดที่เรียกว่า อะโปไลโปโปรตีน (apo lipoprotein) หรือ อะโปโปรตีน (apo protein) แทรกอยู่ในชั้นของไขมันเหล่านี้โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งสัญญาณ (recepter) กับเซลล์ตามอวัยวะต่างๆ



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของคอเลสเตอรอล
ที่มา: บุญรอด (2544)

ชัยสิทธิ์ (2557) กล่าวว่า คอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และเป็นสารต้นตอในการสังเคราะห์สเตียรอยด์ฮอร์โมน เซลล์มีกลไกควบคุมการขนส่งคอเลสเตอรอลเข้าออกเซลล์ ซึ่งบริเวณของเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีบทบาทต่อการขนส่งคอเลสเตอรอลเข้าสู่เซลล์นั้นก็มีคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบอยู่ทำให้การขนส่งคอเลสเตอรอลเข้าออกเซลล์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ เซลล์รับคอเลสเตอรอลส่วนใหญ่จาก LDL ผ่านกลไก receptor mediated endocytosis และเข้าสู่ vesicular pathway (ไลโซโซม) ในขณะที่การรับคอเลสเตอรอลส่วนน้อยจาก HDL จะเกิดผ่านกลไก non-vesicular pathway โดยมีบทบาทของไมโครโดเมน (microdomain) ที่ผิวเซลล์ ได้แก่ ราฟต์ และ คาวีโอเลเข้ามาเกี่ยวข้องจากการที่คอเลสเตอรอลเองก็เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ดังนั้นการขนส่งคอเลสเตอรอลภายในเซลล์จากไลโซโซมไปยังออร์กาเนลอื่นๆ รวมทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ ย่อมมีการควบคุมกลไกโดยการทำงานของโปรตีน เช่น SCP-2 โปรตีนคาวีโอลิน SRB1 และ StAR เป็นต้นในขณะที่การขนส่งคอเลสเตอรอลออกจากเซลล์จะเกี่ยวข้องกับโปรตีนคาวีโอลิน SRB1 และ ApoAI

การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย

อวัยวะหลักที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คอเลสเตอรอล คือตับ และลำไส้เล็กอาจมีการสังเคราะห์ได้บ้าง นอกจากนี้ต่อมต่างๆ ที่มีการสร้างสเตียรอยด์ฮอร์โมนก็สามารถสร้างคอเลสเตอรอลได้เช่นกัน โดยปริมาณที่ตับสังเคราะห์ได้มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15 และที่ลำไส้สังเคราะห์ได้มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณที่ร่างกายสังเคราะห์ได้ในแต่ละวัน การสังเคราะห์เกิดขึ้นที่ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) และไมโครโซม (microsome) โดยใช้อะเซติลโคเอ (acetyl-CoA) เป็นสารตั้งต้น ซึ่งมาจากขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และกรดไขมัน แต่เอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาอยู่ใน endoplasmic reticulum ซึ่งสังเคราะห์คลเลสเตอรอลในร่างกายจะ

สังเคราะห์จากหน่อยย่อยที่เรียกว่า isoprene ขึ้นมาก่อน หลังจากนั้นจะสามารถสร้างคอเลสเตอรอล และลิปิดอื่นๆ ที่มีโครงสร้าง isoprene ในโมเลกุลได้ (ยุวฉัตร, 2543)

การขนส่งคอเลสเตอรอล

เอเธิล และกิตติพร (2545) กล่าวว่า การขนส่งเกิดขึ้นตั้งแต่อาหารที่มีคอเลสเตอรอลเข้าไปในร่างกาย คอเลสเตอรอลสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้เลยที่ลำไส้เล็กโดยไม่ต้องย่อยก่อน ที่ผนังของลำไส้เล็กจะเป็นที่ผลิตไลโปโปรตีนชื่อ ไคโลไมครอน (chylomicron) ไคโลไมครอนจัดเป็นอนุภาคไขมันอย่างหนึ่งประกอบด้วยฟอสโฟไลปิดเป็นเปลือกนอกห่อหุ้มไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลไว้ภายในโดยมีไตรกลีเซอไรด์มากกว่าคอเลสเตอรอล ไคโลไมครอนเข้าสู่กระแสเลือดโดยผ่านทางระบบน้ำเหลือง และไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น หัวใจกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน เป็นต้น ที่เนื้อเยื่อเหล่านี้จะมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยไตรกลีเซอร์ไรด์ให้เป็น กลีเซอรอลและกรดไขมันอยู่ คือ ไลโปโปรตีนไลเปส (lipoprotein lipase) ทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ที่ขนส่งมาโดยไคโลไมครอน 80 เปอร์เซ็นต์ ถูกย่อยสลายที่เนื้อเยื่อเหล่านี้เพื่อไปใช้เผาผลาญเป็นพลังงานหรือสะสมไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน ที่เหลืออยู่ในไคโลไมครอนขณะนี้จึงมีคอเลสเตอรอลเป็นส่วนใหญ่เรียกว่า ไคโลไมครอนเร็มเนินท์ (chylomicron remnant) และยังคงไหลไปกับกระแสเลือดจนกว่าจะถึงที่ตับ

การควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

เอเธิล และกิตติพร (2554) กล่าวว่า การควบคุมกระบวนการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นในร่างกายเอง หากร่างกายได้รับคอเลสเตอรอลจากอาหารมาก ร่างกายก็จะสังเคราะห์คอเลสเตอรอลน้อยลง การควบคุมคอเลสเตอรอลมี 3 วิธีการหลัก ๆ ดังนี้

1. ควบคุมปริมาณและการทำงานของเอ็นไซม์ HMG-CoA reductase

2. ควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอลอิสระในเซลล์ที่มากเกินพอโดยกระบวนการ Acyl-CoA Cholesterol acytransferase (ACAT)

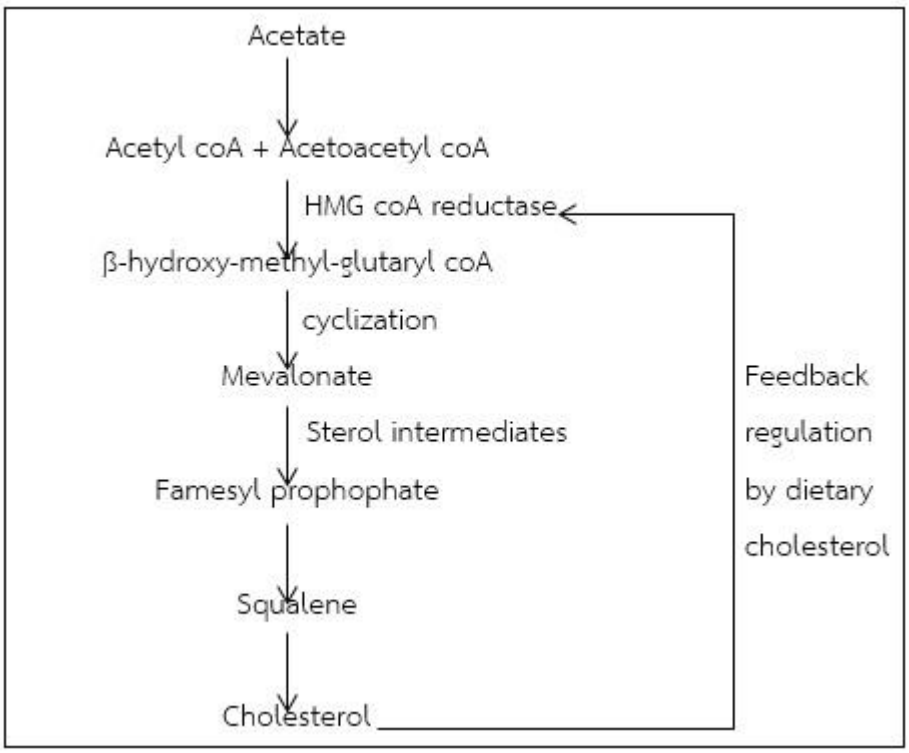
3. ควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในพลาสมาโดยการสอดแทรกการทำงานของแอลดีแอล-รีเซปเตอร์ และการรับคอเลสเตอรอลจากเนื้อเยื่อกลับมาที่ตับของเอชดีแอล

การควบคุมการทำงานของเอ็นไซม์ HMG-CoA reductase เป็นวิธีการหลักที่ร่างกายใช้ในการควบคุมระดับการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล เอ็นไซม์นี้ถูกควบคุมด้วยกลไก 3 อย่าง คือ ควบคุมการแสดงออกของยีน (gene expression), ควบคุมอัตราการเสื่อมของเอ็นไซม์, และควบคุมกระบวนการ phosphorylation และ dephosphorylation (phosphorylation คือการนำอนุมูลฟอสเฟตจากกรดฟอสฟอริคเข้าไปในโมเลกุลของสารอินทรีย์) การควบคุม 2 อย่างแรกถูกกระตุ้นโดยคอเลสเตอรอลเอง คอเลสเตอรอลทำหน้าที่เหมือนกับเป็นสารยับยั้ง (inhibitor) การทำงานของเอ็นไซม์ HMG-CoA reductase ที่มีอยู่แล้วและมีอิทธิพลต่อการสร้าง HMG-CoA reductase ด้วย

นอกจากนี้ เมื่อคอเลสเตอรอลมีมากเกิน จำนวนของ mRNA สำหรับสร้างเอ็นไซม์ HMG-CoA reductase ก็จะลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดการแสดงออกของยีน กลไกโดยละเอียดเกี่ยวกับการควบคุมคอเลสเตอรอลด้วยการควบคุมพฤติกรรมของยีนนี้ นักวิทยาศาสตร์ยังไม่เข้าใจ

การควบคุม HMG-CoA reductase โดยกระบวนการ phosphorylation และ dephosphorylation เป็นการเปลี่ยนรูปของเอ็นไซม์ให้อยู่ในรูปเฉื่อย (inactive) เมื่อเอ็นไซม์ถูกจับไว้ด้วยอนุมูลฟอสเฟตจากกระบวนการ phosphorylation แล้วจะทำงานได้น้อยลง HMG-CoA reductase เกิด phosphorylation โดยเอ็นไซม์ AMP-regulated protein kinase (AMPRK) และ AMPRK เองนั้นจะทำงานก็ต่อเมื่อถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการ phosphorylation โดยมีเอ็นไซม์ kinase kinase เป็น catalyst

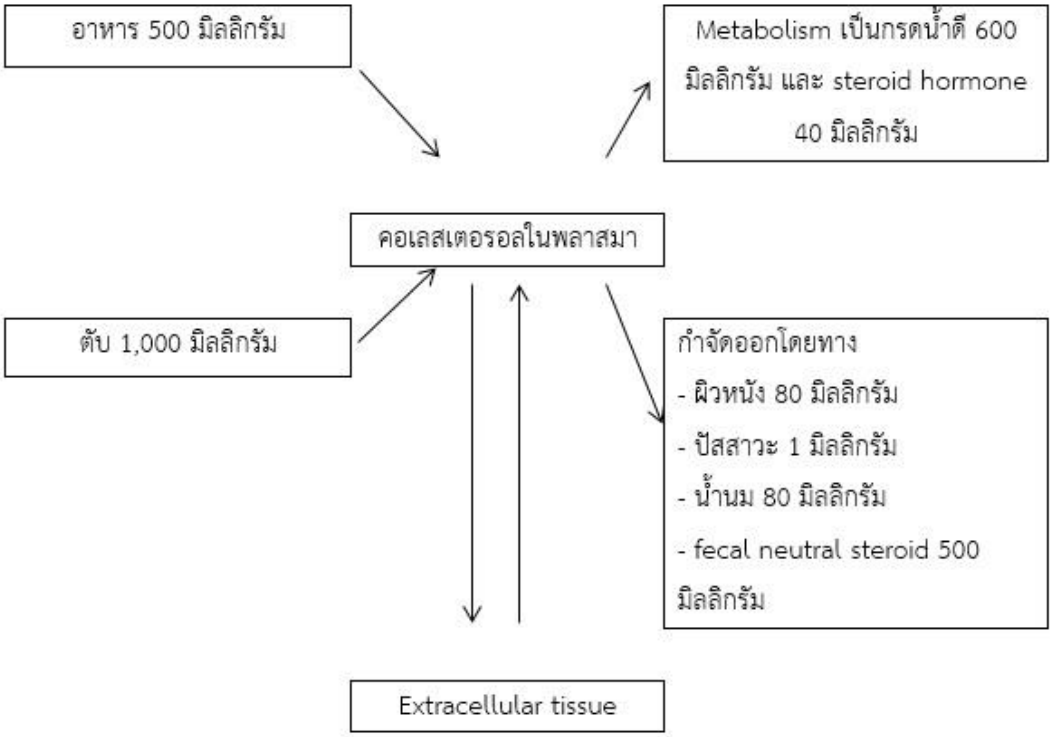
นอกจากนี้การทำงานของ HMG-CoA reductase ยังถูกควบคุมด้วย cAMP ถ้า cAMP เพิ่มขึ้นก็จะกระตุ้นให้เอ็นไซม์ cAMP-dependent protein kinase (PKA) ไปทำให้เกิด phosphorylation ขึ้นกับ phosphoprotein phosphatase inhibitor-1 (PPI-1) ซึ่ง PPI-1 นี้สามารถยับยั้ง (inhibit) การทำงานของเอ็นไซม์ phosphatase ได้หลายตัวรวมทั้ง protein phosphatase 2C และ HMG-CoA reductase phosphatase ทั้งสองตัวนี้ทำหน้าที่ดึงฟอสเฟตออกจาก AMPRK และ HMG-CoA reductase ตามลำดับ AMPRK เมื่อจับกับฟอสเฟต (phosphorylated) แล้ว จะอยู่ในสถานะทำงานได้ (active) แต่ HMG-CoA reductase นั้นเมื่อจับกับฟอสเฟตจะอยู่ในสถานะเฉื่อย (inactive)



ภาพที่ 5 การควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล
ที่มา: ยุวฉัตร (2543)

การสะลายคอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลในร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งกรดน้ำดีสามารถถูกสังเคราะห์โดยตรงจากคอเลสเตอรอลที่ตับ ได้เป็นกรดน้ำดีชนิด primary acid ได้แก่ glycocholic acid และ chenodeoxycholic acid ซึ่งเป็นกรดน้ำดีที่พบได้ในคน กรดน้ำดีที่สร้างจากตับจะถูกส่งไปเก็บที่ ถุงน้ำดี (gall bladder) และหลั่งไปที่ลำไส้เล็กเพื่อช่วยย่อยไขมัน และที่ลำไส้เล็กกรดน้ำดีชนิด primary bile acid จะถูกเปลี่ยนเป็น secondary bile acid คือ deoxycholic และ lithocholic acid จากนั้นกรดน้ำดีบางส่วนจะถูกดูดซึมกลับไปที่ลำไส้ใหญ่แล้วกลับไปที่ตับ และบางส่วนจะถูกขับออกไปกลับอุจจาระ ดังนั้นกรดน้ำดีจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้ปกติ เพราะคอเลสเตอรอลไม่สามารถออกซิไดท์ (oxidized) จนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำได้



ภาพที่ 6 การเผาผลาญคอเลสเตอรอลในมนุษย์
ที่มา: อุษณีย์ (2538)

เอเธิล และกิตติพร (2554) กล่าวว่า เอชดีแอล (HDLs-High Density Lipoproteins) เป็นไลโปโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดคอเลสเตอรอล บางคนเรียกเอชดีแอลไลโปโปรตีนว่าเป็น “ไขมันดี” เอชดีแอลถูกสร้างขึ้นข้างนอกเซลโดยการรวมตัวกันของโปรตีนตัวหนึ่งที่ไม่มีไขมันชื่ออะโปเอไอ (apo-AI) กับฟอสโฟไลปิด (Phospholipids) แล้วถูกคัดหลั่งออกโดยตับและบางส่วนของลำไส้เล็กออกมาเป็นเอชดีแอลซึ่งเป็นอนุภาคที่มีโปรตีนสูงรูปร่างคล้ายจานกลม เอชดีแอลที่เกิดใหม่นี้ยังไม่มีทั้งคอเลสเตอรอล และคอเลสเตอรอลเอสเตอร์จับอยู่ เมื่อเอชดีแอลผ่านเนื้อเยื่อต่างๆ ก็จะดึงเอาคอเลสเตอรอลที่อยู่ตามผนังเซลออกมาเก็บไว้กับตัว รูปร่างก็จะปลี่ยนจากจานเป็นทรงกลม ที่เอชดีแอลมีเอ็นไซม์ชื่อ LCAT ทำหน้าที่เปลี่ยนคอเลสเตอรอลให้เป็นคอเลสเตอริลเอ็สเตอร์ (cholesteryl ester) ปฏิกิริยานี้ไม่สมดุลจึงทำให้เกิดคอเลสเตอรอลอิสระออกมาด้วย จากนั้นโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งคอเลสเตอริลเอ็สเตอร์โดยเฉพาะชื่อ apo-D ซึ่งมีอยู่ในเอ็ชดีแอลจะทำหน้าที่ส่งคอเลสเตอริลเอ็สเตอร์ให้กับ chylomicron, VLDL, และ LDL ทั้งหมดนี้จะถูกส่งกลับไปที่ตับตามทางเดินของ LDL ตับจะใช้คอเลสเตอรอลที่เดินทางกลับมานี้ในการสร้างน้ำดี ส่วนที่เหลือจากการสร้างน้ำดีจะถูกขับถ่ายออกทางอุจาระ ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของคอเลสเตอรอลในร่างกาย

โดยธรรมชาติผู้หญิงมี HDL สูงกว่าผู้ชาย มีแนวโน้มว่าฮอร์โมนเพศ estrogen จะเป็นตัวช่วยให้HDL สูงขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลหนึ่งที่ช่วยอธิบายว่าทำไมผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนจึงค่อนข้างปลอดภัยจากโรคหัวใจ

ไตรกลีเซอไรด์

วันทนีย์ (2548) กล่าวว่า ไตรกลีเซอไรด์ คือ อนุภาคไขมันชนิดหนึ่งที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นในตับ มีขนาดเบาบางและเล็กมาก ไขมันชนิดนี้ยังเพิ่มพูนในร่างกายได้จากอาหารที่เรากินเข้าไป อาหารประเภทไขมันโดยส่วนใหญ่จะมีไขมันไตรกลีเซอไรด์ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือไขมันที่ซ่อนอยู่ในเนื้อ นม หรืออาหารอื่นๆ ที่เรานึกไม่ถึงว่าจะมีไขมันซ่อนอยู่ด้วย เมื่อเรากินอาหารประเภทนี้เข้าไป ร่างกายจะดูดซึมแล้วก็ขนส่งไตรกลีเซอไรด์ผ่านเลือดส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ที่ต้องการพลังงาน ไตรกลีเซอไรด์ที่มากเกินไปจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน (body fat) แล้วพอกพูนตามส่วนต่างๆ ของร่างกายจนร่างกายอ้วนขึ้น โดยปกติร่างกายขจัดไตรกลีเซอไรด์ออกจากเลือดได้อย่างรวดเร็ว เพียงแค่สองสามชั่วโมงหลังจากการกินอาหาร ไขมันไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่ก็ถูกขจัดออกจากเลือดเข้าสู่เซลล์ได้แล้ว คนทั่วไปจึงมีไขมันไตรกลีเซอไรด์ในเลือดไม่สูง คือประมาณ 50-150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แต่ถ้าตรวจเลือดหลังอดอาหารมาแล้ว 8-12 ชั่วโมง พบว่าไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป แสดงว่าร่างกายมีปัญหาในการขจัดไตรกลีเซอไรด์

ยุวฉัตร (2543) กล่าวว่า การสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์ในร่างกายเกิดได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 เกิดขึ้นที่เซลล์ลำไส้เล็กโดยอาศัย 2-monoacylglycerol ที่เป็นสารตัวกลาง ซึ่งเกิดจากการย่อยอาหารไขมันที่ลำไส้เล็ก โดยจะจับกับกรดไขมันอีก 2 โมเลกุล ที่ตำแหน่ง 1 และ 3 ของ monoacylglycerol เรียกว่า การสังเคราะห์โดย 2-monoacylglycerol pathway

วิธีที่ 2 เป็นการสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์ขึ้นใหม่โดยอาศัย L-glycerol-3-phosphate ผ่านสารตัวกลาง คือ phosphatidic acid และ 1,2-diacylglycerol จากนั้นจะมีการเติมกรดไขมันตัวที่ 3 เข้าไปใน 1,2-diacylglycerol ได้เป็น Triacylglycerol เรียกการสังเคราะห์แบบนี้ว่า de novo synthesis สามารถเกิดขึ้นได้ในเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน

กรดไขมันอิสระ

กรดไขมันอิสระในพลาสมาจะมีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมดในพลาสมา (ประมาณ 10-15 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ที่สำคัญคือ กรดปาล์มมิติค (palmatic acid) และ กรดสเตรียริค (steric acid) มีมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันอิสระที่มีในพลาสมา ถึงแม้จะมีกรดไขมันอิสระเพียงเล็กน้อยในพลาสมา แต่ก็เป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมันพลาสมา โดยกรดไขมันอิสระจะถูกขับออกจะเนื้อเยื่อไขมัน แล้ว

รวมตัวกับอัลบูมิน ในพลาสมาอย่างหลวมๆ และมีการเปลี่ยนแปลงเร็วมาก เกิดการออกซิไดท์เพื่อเป็นพลังงานในระยะหลังการดูดซึม (ยุวฉัตร, 2543)

การตรวจหาระดับคอเลสเตอรอล

สุวิทย์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่าคอเลสเตอรอลเป็นไขมันที่พบในสัตว์ คนเราได้รับคอเลสเตอรอลจากอาหารปริมาณน้อย คิดเป็นประมาณร้อยละ 30-40 ส่วนอีกประมาณร้อยละ 70 มาจากการสังเคราะห์โดยเซลล์ของร่างกาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerotic disease) คอเลสเตอรอลมีบทบาทสำคัญยิ่งในทางชีวภาพ เนื่องจากทาหน้าที่เป็นโครงสร้างสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์และอนุภาคย่อยในเซลล์ รวมทั้งเป็นสารตั้งต้นของกรดน้ำดีและ สเตอรอยด์ฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนเพศ และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต

ในกระแสเลือดคอเลสเตอรอล พบได้ 2 form คือ unesterified ประมาณร้อยละ 30-40 และ esterified form ประมาณร้อยละ 60-70 โดยอัตราส่วนของทั้ง 2 form มีความคงที่ในบุคคลผู้มีสุขภาพดี การตรวจวัดระดับ total cholesterol และ lipoprotein-cholesterol โดยทั่วไป ไม่จำเป็นต้องแยก form ของคอเลสเตอรอลโดยหลักในการตรวจวิเคราะห์คือ การทำให้ esterified cholesterol เกิด hydrolysis แล้วตรวจหา total free cholesterol ต่อไป

การตรวจหาระดับไตรกลีเซอไรด์

สุวิทย์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า อาหารไขมันส่วนใหญ่ ประกอบมาจากไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride; TG) เป็นหลัก มีเพียงส่วนน้อย คือประมาณร้อยละ 1-2 ที่เป็นคอเลสเตอรอล และไขมันชนิดอื่น ๆ การย่อยไตรกลีเซอไรด์ เริ่มตั้งแต่ในปากและกระเพาะอาหารโดยการทำงานของเอนไซม์ lingual lipase และ gastric lipase แต่การย่อยนี้ไม่สำคัญนัก ในทางกลับกัน การย่อยโดยฤทธิ์ของ pancreatic lipase และ intestinal lipase ในลำไส้เล็กมีบทบาทมาก เมื่อไตรกลีเซอไรด์ถูกย่อย จะเกิดเป็นผลผลิต คือ กรดไขมัน (fatty acid; FA) และ monoacylglycerol ซึ่งถูกดูดซึม (absorption) ที่ลำไส้เล็ก แล้วสังเคราะห์ใหม่เป็นไตรกลีเซอไรด์ ในเซลล์เยื่อบุลำไส้ เพื่อนำไปประกอบเป็นโมเลกุลเชิงซ้อนร่วมกับคอเลสเตอรอลและ apolipoprotein B48 (apoB48) เรียกว่า chylomicrons (CM) ลักษณะของซีรัมภายหลังรับประทานอาหารมีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม (milky appearance) หรืออาจเรียกว่า lipemia เกิดจาก CM นั่นเอง

ลักษณะของซีรัมหรือพลาสม่าที่เจาะภายหลังอดอาหาร 12 ชั่วโมง อาจช่วยชี้แนะถึงระดับไตรกลีเซอไรด์ได้ กล่าวคือ ลักษณะของซีรัมหรือพลาสม่าที่ใส ระดับของไตรกลีเซอไรด์มักน้อยกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แต่ถ้ามีลักษณะขุ่น (hazy and turbid) ระดับของไตรกลีเซอไรด์มักจะ

มากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนลักษณะทึบแสงและขุ่นคล้ายน้ำนม (จาก CM) ระดับของไตรกลีเซอไรด์มักมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวินิจฉัยแยกภาวะไขมันเลือดสูง และมีความสัมพันธ์อย่างเป็นอิสระ (independent factor) กับการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ทดลอง

ทำการเลี้ยงสุกร ณ ฟาร์มสุกร สาขาสุกร

วิเคราะห์โภชนะในอาหารสัตว์ และมูล ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์

วิเคราะห์หาคุณภาพซาก ณ ห้องปฏิบัติการคุณภาพเนื้อ

คณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

1. การทดลองใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูร็อค×ลาร์จไวท์×แลนด์เรซ) น้ำหนักเริ่มต้นที่ 15 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว (เป็นเพศผู้ตอน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว) ทำการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่างๆ ไปจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อทำการวัดผลในลักษณะต่างๆ ที่ศึกษา

2. อาหารทดลองเสริมเนื้อมะเกี๋ยงระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 11 สำหรับสุกรเล็ก, สุกรรุ่น และสุกรขุน ประกอบด้วยสูตรอาหาร (treatments) ต่างๆ รวมจำนวน 12,000 กิโลกรัม

3. เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร และเครื่องชั่งอาหาร 1 ชุด (ความละเอียด 0.10 กิโลกรัม) เครื่องชั่งซากสุกร ขนาดชั่งได้สูงสุด 20 กิโลกรัม (ความละเอียด 0.05 กิโลกรัม)

4. คอกทดลองขนาด 1.5×2.0 ตารางเมตร ผนังคอกแบบลูกกรงเหล็กทุกคอกได้รับการจัดการแสงสว่าง การระบายอากาศ และสภาวะแวดล้อมอื่นๆ พร้อมที่ให้น้ำ - อาหารอัตโนมัติ รวม 20 คอก

5. อุปกรณ์ในการเลี้ยง เช่น ที่ตักอาหาร อุปกรณ์ทำความสะอาดพื้น อื่นๆ

6. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเลือด

7. อุปกรณ์ตรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบของเลือด 1 ชุด

8. เครื่องมือและอุปกรณ์การตรวจ และวิเคราะห์ซากสุกร 1 ชุด

9. อุปกรณ์จดบันทึก เช่น กระดาษ ดินสอ ปากกา สมุด ไม้บรรทัด เป็นต้น

วิธีการดำเนินการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วยสุกร 4 กลุ่มการทดลอง (Treatment) ตามสูตรอาหารที่ได้รับ ทำการแบ่งสุกรขุนที่ใช้ในการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตัว ทำการสุ่มสุกรทดลองเข้าเลี้ยงในคอกทดลองแบบขังคู่ คือเพศผู้ตอน 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว เลี้ยงในคอกเดียวกัน รวม 16 หน่วยการทดลอง

การศึกษาทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการวัดผลการศึกษาออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

1) การศึกษาสมรรถภาพการผลิต

2) การศึกษาองค์ประกอบเลือด

3) การศึกษาลักษณะซากสุกร

4) การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกร

2. สุกรทดลอง

ใช้ลูกสุกรลูกผสม 3 สายพันธ์ (ดูร็อค×ลาร์จไวท์×แลนด์เรซ) ที่แข็งแรงสมบูรณ์ จำนวน 32 ตัว มีขนาดน้ำหนักตัวเริ่มต้น 15 กิโลกรัม แบ่งเป็นเพศผู้ตอน จำนวน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว ทำการสุ่มเพศผู้ตอน 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว ใส่ในคอกทดลองเดียวกัน เพื่อสุ่มให้อาหารทดลองแต่ละสูตรในระยะเล็ก รุ่น และขุน จนสิ้นสุดการทดลองที่น้ำหนักสุกรเฉลี่ย 90 กิโลกรัม

3. เนื้อมะเกี๋ยงที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อมะเกี๋ยงที่ใช้ศึกษา ใช้มะเกี๋ยงสุกทั้งผลเพื่อนำมาแยกระหว่างเนื้อกับเมล็ดโดยมะเกี๋ยงสุกที่ใช้ต้องนำมาผึ่งแดด และอบจนเม็ดมะเกี๋ยงแห้ง ความชื้นไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นแยกเนื้อมะเกี๋ยงออก นำไปบดเป็นผงหยาบด้วยเครื่องบด ก่อนบรรจุถุงพลาสติกเพื่อเก็บรักษาก่อนใช้ทดลองต่อไป

4. อาหารทดลอง

อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 สูตรการทดลอง สุกรแต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองที่มีส่วนประกอบหลักเหมือนกัน และมีโภชนะไม่ต่ำกว่าความต้องการ (NRC, 1998) แตกต่างกันเฉพาะระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหาร ดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารควบคุม ไม่เสริมเนื้อมะเกี๋ยง 0 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2 อาหารควบคุม เสริมเนื้อมะเกี๋ยง 0.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารควบคุม เสริมเนื้อมะเกี๋ยง 1.0 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 อาหารควบคุม เสริมเนื้อมะเกี๋ยง 1.5 เปอร์เซ็นต์

รายละเอียดและองค์ประกอบของอาหารทดลอง แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองสุกร

สูตรอาหารสำหรับสุกรระยะต่างๆ	สุกรเล็ก (15-30 กก.)	สุกรรุ่น (30-60 กก.)	สุกรขุน (60-90 กก.)
ส่วนประกอบ			
ข้าวโพด	67.00	71.60	75.80
รำละเอียด	5.00	5.00	5.00
ปลาป่น (60% CP)	8.00	5.00	3.00
กากถั่วเหลือง (44% CP)	18.30	16.70	14.50
ไดแคลเซียม (18% P)	1.00	1.00	1.00
เกลือ	0.35	0.35	0.35
พรีมิกซ์	0.35	0.35	0.35
รวม	100	100	100
โภชนะจากการคำนวณ (%air dry basis)			
โปรตีน	18.00	16.00	14.00
แคลเซียม	0.60	0.50	0.45
ฟอสฟอรัส	0.50	0.45	0.40
ไลซีน	0.83	0.66	0.52
เมทไทโอนีน+ซีสตีน	0.47	0.39	0.31
ทรีปโตเฟน	0.15	0.12	0.10
ทรีโอนีน	0.52	0.43	0.34
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,265	3,265	3,265

หมายเหตุ: โภชนะในสูตรอาหารแต่ละระยะมีปริมาณไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย NRC (1998)

CP = Crude protein, P = Phoporus

5. การวิเคราะห์สมรรถภาพการผลิต

ทำการศึกษาสุกรเริ่มต้นจนถึงน้ำหนักเฉลี่ยที่ 90 กิโลกรัม โดยเก็บข้อมูลดังนี้ บันทึกน้ำหนักสุกรเมื่อเริ่มต้นการทดลอง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสุกรทุกกลุ่มทุกสัปดาห์ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยบันทึกน้ำหนักอาหารที่เหลือทุกวัน และน้ำหนักอาหารที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ รวมถึง

น้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาอาหารที่กินในแต่ละสัปดาห์ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว โดยมีรายละเอียดดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต นำน้ำหนักสุกรในวันเริ่มต้นทดลอง และน้ำหนักที่ชั่งทุกสัปดาห์มาคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain: ADG) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

ปริมาณอาหารที่กิน นำข้อมูลบันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกินในแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง คำนวณหาปริมาณอาหารที่กิน (Average feed intake: AFI) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว นำบันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกิน และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงอายุ มาคำนวณหาค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio: FCR) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}$$

6. การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจหาค่าเมล็ดเลือดแดงและองค์ประกอบอื่นๆ

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดของสุกร เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 70 กิโลกรัม โดยเก็บเลือดจากเส้นเลือดบริเวณคอของสุกรจำนวนตัวละ 10 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บความเย็นควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบสัดส่วนเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์ Hemotocrits) คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ และสัดส่วนเม็ดเลือดขาวตามวิธีที่อ้างอิงโดย Jung et. al., (1975) ซึ่งจะแยกเซรุ่มออกจากเลือดโดยการปั่นเหวี่ยง แล้วนำเซรุ่มไปวิเคราะห์ โดยเติมเซรุ่มน้ำยาที่ประกอบด้วยกรดอะซิติกเข้มข้นที่มี ferric acetate และ uranyl acetate อยู่จำนวนเล็กน้อย กรดอะซิติกจะทำให้โปรตีนตกตะกอน โดย uranyl acetate จะช่วยในการตกตะกอนสมบูรณ์ขึ้นทั้งบิริบูลินเหลือแต่คอเลสเตอรอลละลายอยู่ น้ำส่วนใสเติมกรดกำมะถันเข้มข้นที่มีฟอสฟอรัสซัลเฟตอยู่ วัดการดูดกลืนแสง วิธีนี้จะไม่มีบิริบูลินรบกวนอยู่ และสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของคลอเลสเตอรอลอิสระและเอสเทอร์จะเท่าๆ กัน (นันทยา, 2532)

7. ตรวจสอบคุณภาพซากสุกร สุ่มสุกรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 90 กิโลกรัม มาจำนวน 4 ตัวต่อซ้ำ ทั้งหมด 16 ตัว เพื่อชำแหละสำหรับศึกษาคุณภาพซาก โดยชั่งน้ำหนักก่อนชำแหละ น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็นหลังจากที่บ่มซากไว้ที่ 24 ชั่วโมง แล้วนำซากเย็นออกมาวัดหาค่าต่างๆ วัดความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความ

กว้างกล้ามเนื้อสันนอก (Lenden-Speck-Quotient: LSQ) หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ ไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซากเย็น

8. ตรวจสอบคุณภาพเนื้อสุกร

ทำการสุ่มเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพกจากการเก็บข้อมูลคุณภาพซาก ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง เป็นเนื้อสันนอก 16 ตัวอย่าง และเนื้อสะโพก 16 ตัวอย่าง ทำการวัดสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง และความเหนียวของเนื้อ มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

8.1 วัดค่า pH ของเนื้อสันนอกหลังจากฆ่า 45 นาที (pH_1) และ 24 (pH_U) ชั่วโมงหลังเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ 4 องศาเซลเซียส (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Hanna instruments model HI 99163, Romania) โดยสอดปลาย Electrode เข้าไปในชั้นกล้ามเนื้อประมาณ 1 นิ้ว ทำการวัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง

8.2 วัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-400, Osaka, Japan) วัดที่บริเวณรอยตัดใหม่ของเนื้อ ทำการวัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า และ 24 ชั่วโมงหลังเก็บชิ้นเนื้อที่ 4 องศาเซลเซียส บันทึกค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ค่าความแดงของเนื้อ (a*) และค่าความเหลืองของเนื้อ (b*) โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งต่อตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

8.3 การวัดค่าออกซิเดชันของเนื้อ (Thiobarbituric Acid Reactive Substances, TBARS) โดยนำเอาเนื้อสุกร 10 กรัม มาบดรวมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วใส่ HCl 4 N ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตรลงในตัวอย่าง จากนั้นเติมสาร antifoaming นำไปปั่นให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และนำตัวอย่างไปกลั่นจนได้ปริมาณ 30-50 มิลลิลิตร ดูดของเหลวที่ได้จากการกลั่น 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดแก้วเติมด้วย Thiobarbituric Acid 5 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง Vortex เช่นกันนำไปไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30-35 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำตัวอย่างไปวัด ค่าการดูดคลื่นแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตเมตเตอร์ (Spectrophotometer) โดยใช้ความยาวคลื่น ที่ 538 นาโนเมตร บันทึกข้อมูล

8.4 การวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water Holding Capacity, WHC) การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การวัดการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (Cooking loss) และการวัดการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss)

8.4.1. การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น โดยทำการตัดตัวอย่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสประมาณ 20-30 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง ใช้กระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณเนื้อ บันทึกน้ำหนักเนื้อ นำเนื้อไปห่อด้วยผ้าก๊อตใช้เชือกมัด เก็บในถุงโดยมัดปากถุงไม่ให้เนื้อติดขอบถุง เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุง แกะผ้าก๊อตออก

นำกระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณรอบๆ เนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อหลังแช่เย็น บันทึกน้ำหนักหลังแช่เย็น คำนวณตามสูตรดังนี้ [Drip loss (%) = (น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น - น้ำหนักเนื้อหลังแช่เย็น)/น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น)] x 100

8.4.2. การสูญเสียน้ำจากการปรุง โดยการนำน้ำใส่ใน Water bath ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส ทำการตัดตัวอย่างเนื้อเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15-20 กรัม ทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง นำกระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อสุกร แล้วนำตัวอย่างใส่ถุงโดยนำอากาศออกให้หมด มัดปากถุงนำไปต้มใน Water bath เป็นเวลา 15-20 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30-45 นาที จากนั้นแกะตัวอย่างออกจากถุง ใช้กระดาษทิชชูซับน้ำของเนื้อ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมกับบันทึกข้อมูล คำนวณตามสูตรดังนี้ [Boiling loss (%) = (น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม - น้ำหนักเนื้อหลังต้ม)/น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม] x 100

8.4.3. การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss) โดยทำการตัดตัวอย่างเนื้อเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 20-30 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง ใช้กระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณเนื้อ บันทึกน้ำหนักเนื้อ นำเนื้อไปห่อด้วยผ้าก๊อตใช้เชือกมัด เก็บในถุงโดยมัดปากถุงไม่ให้เนื้อติดขอบถุง เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงแกะผ้าก๊อตออก นำกระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณรอบๆ เนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อหลังแช่แข็งและบันทึก น้ำหนักหลังแช่แข็งโดยการคำนวณตามสูตรดังนี้ [Freezing loss (%) = (น้ำหนักเนื้อก่อนแช่แข็ง - น้ำหนักเนื้อหลังแช่แข็ง)/น้ำหนักเนื้อก่อนแช่แข็ง)] x 100

8.5 การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) โดยใช้ตัวอย่างการสูญเสียน้ำจากการปรุงสุกมาหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยใช้มีดตัดตัวอย่างเนื้อเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้มีความหนาของชิ้นเนื้อ 1.27 เซนติเมตร และนำตัวอย่างวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยใช้ Instron Model 3433 Universal test machine, USA พร้อมบันทึกข้อมูล นำค่าที่มาคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงค่าความเหนียวนุ่นของเนื้อ

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์ โดยวิธีหาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี Dancan’s New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ตามวิธีการของ Steel et al. (1997)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

สมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก-ขุน

การศึกษาผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก-รุ่น-ขุน พบว่า ในการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สมรรถภาพการผลิตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งในสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 15-30 กิโลกรัม) สุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม) และสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยมีรายละเอียดดังนี้

อัตราการเจริญเติบโต พบว่า สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะสุกรเล็กมีค่าเท่ากับ 0.84, 0.81, 0.79 และ 0.73 กิโลกรัมต่อวัน ในช่วงระยะสุกรรุ่นมีค่าเท่ากับ 0.83, 0.87, 0.86 และ 0.86 กิโลกรัมต่อวัน และในระยะสุกรขุนมีค่าเท่ากับ 0.80, 0.77, 0.77 และ 0.76 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับทั้ง 3 ระยะทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ปริมาณอาหารที่กิน พบว่า กลุ่มที่กินอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารที่กิน ในระยะสุกรเล็กเท่ากับ 1.15, 1.17, 1.22 และ 1.12 กิโลกรัมต่อวัน ในระยะรุ่นมีค่าเท่ากับ 1.81, 1.77, 1.78 และ 1.80 กิโลกรัมต่อวัน และในระยะสุกรขุนมีค่าเท่ากับ 2.52, 2.53, 2.51 และ 2.51 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับทั้ง 3 ระยะการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในระยะสุกรเล็กมีค่าเท่ากับ 1.39, 1.46, 1.58 และ 1.63 ตามลำดับ ในระยะรุ่นมีค่าเท่ากับ 2.22, 2.05, 2.08 และ 2.12 ตามลำดับ และในระยะสุกรขุนมีค่าเท่ากับ 3.17, 3.35, 3.27 และ 3.31 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 3 ระยะการทดลอง

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตของสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนัก (สุกรเล็ก,สุกรรุ่น และสุกรขุน) ที่กินอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยง

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-Value
	0	0.5	1.0	1.5		
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	8		
สุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)						
ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	21	21	21	21		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	14.63	14.75	13.88	14.00	0.47	0.48
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	32.25	31.88	30.50	29.25	1.73	0.61
น้ำหนักที่เพิ่ม (กิโลกรัม)	17.63	17.13	16.63	15.25	1.52	0.12
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.84	0.81	0.79	0.73	0.07	0.74
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัมต่อวัน)	1.15	1.17	1.22	1.12	0.04	0.31
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	1.39	1.46	1.58	1.63	0.16	0.70
สุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)						
ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	35	35	35	35		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	32.25	31.88	30.50	29.25	1.73	0.61
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	61.00	62.13	60.50	59.25	1.77	0.72
น้ำหนักที่เพิ่ม (กิโลกรัม)	28.75	30.25	30.00	30.00	1.47	0.89
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.83	0.87	0.86	0.86	0.04	0.90
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัมต่อวัน)	1.81	1.77	1.78	1.80	0.03	0.63
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.22	2.05	2.08	2.12	0.10	0.68
สุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)						
ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	42	42	42	42		
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	61.00	62.13	60.50	59.25	1.77	0.72
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	94.63	94.25	92.75	91.25	2.50	0.77
น้ำหนักที่เพิ่ม (กิโลกรัม)	33.63	32.13	32.25	32.00	1.36	0.82
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.80	0.77	0.77	0.76	0.03	0.83
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัมต่อวัน)	2.52	2.53	2.51	2.51	0.02	0.80
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	3.17	3.35	3.27	3.31	0.14	0.83

หมายเหตุ: SEM = Standard Error of Mean

พิจารณาสมรรถภาพการผลิตของสุกรตลอดการทดลอง (น้ำหนักตัว 15-90 กิโลกรัม) พบว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ตลอดระยะเวลาการทดลอง ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต โดยอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยน

อาหารเป็นน้ำหนักตัว ตลอดระยะเวลาการทดลอง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-Value
	0	0.5	1.0	1.5		
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	8		
สุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)						
ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)	98	98	98	98		
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กิโลกรัม)	14.63	14.80	13.88	14.00	0.42	0.40
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม)	94.63	94.25	92.75	91.25	1.62	0.48
น้ำหนักที่เพิ่ม (กิโลกรัม)	80.00	79.50	78.88	77.25	2.27	0.84
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	0.82	0.81	0.81	0.79	0.02	0.84
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัมต่อวัน)	2.00	1.99	2.00	1.98	0.02	0.95
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	2.45	2.47	2.48	2.53	0.08	0.92

SEM = Standard Error of Mean

การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทดลองในสุกรเล็ก-รุ่น-ขุน ครั้งนี้ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในระดับที่ยังต่ำเกินไป จึงยังไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุนอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ที่สามารถส่งผลต่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของซากได้ โดยเนื้อมะเกี๋ยงจะคล้ายกับเนื้อลูกหว้า และเนื้อเม่า เนื่องจากผลให้รสหวานอมเปรี้ยว มีสีสันสวยงาม สามารถนำมาคั้นทำเป็นน้ำผลไม้ และไวน์ได้ ส่วนเนื้อเม่ายังเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในระดับสูง (Puangpronpitag et al., 2008) เช่นเดียวกับเนื้อมะเกี๋ยงที่จะพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์อยู่ในระดับสูง (อัศพงษ์ และสมชาย, 2556) โดยการศึกษาของไกรสิทธิ และคณะ (2553) พบว่าการเสริมกากเม่าสด 1.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้สุกรมีการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้นได้

องค์ประกอบเลือดของสุกรทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างเลือดสุกรทดลอง เมื่อน้ำหนักตัวเฉลี่ย 90 กิโลกรัม โดยเก็บจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) ปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อตัว นำไปตรวจหาค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ สัดส่วนของไลโปโปรตีนที่มีความ

หนาแน่นต่ำ (LDL) และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDL) ได้ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 15 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลต่อค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ $6.23x10^6$, $6.00x10^6$, $6.18x10^6$ และ $6.20x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลต่อค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดขาว พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 19,000, 19,000, 21,000 และ 24,750 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 68.00, 69.50, 67.25 และ 68.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 20.50, 22.75, 21.25 และ 20.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 3.34, 3.40, 3.11 และ 3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลต่อค่าคอเลสเตอรอล พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 86.25, 96.50, 93.00 และ 91.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลต่อค่าไตรกลีเซอร์ไรด์ พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 25.25, 31.25, 35.25 และ 40.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลต่อค่าไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 43.25, 42.50, 45.75 และ 52.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลต่อค่าไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDL) พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 34.25, 37.25, 37.25 และ 41.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 14 ผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงต่อค่าเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง ในเลือดสุกรที่น้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-Value
	0	0.5	1	1.5		
เม็ดเลือดแดง ($x10^6$ cells/ml^3)	6.23	6.00	6.18	6.20	0.23	0.89
เม็ดเลือดขาว (cells/ml^3)	19,000	19,000	21,000	24,750	2285.60	0.29
- นิวโทรฟิล (%)	68.00	69.50	67.25	68.25	2.05	0.89
- ลิมโฟไซท์ (%)	20.50	22.75	21.25	20.25	2.12	0.84
- นิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ (%)	3.34	3.40	3.11	3.47	0.34	0.91
คอเลสเตอรอล (mg/dl)	86.25	96.50	93.00	91.50	7.58	0.81
ไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)	25.25	31.25	35.25	40.00	5.98	0.39
ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (mg/dl)	43.25	42.50	45.75	52.75	5.63	0.58
ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (mg/dl)	34.25	37.25	37.25	41.00	2.16	0.23

การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทดลองในระยะสุกรขุนครั้งนี้ไม่มีผลต่อระดับของเม็ดเลือดแดง ระดับของเม็ดเลือดขาว และอัตราส่วนของนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ (N: L ratio) ซึ่งหากสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดจากอาหารทดลองที่ให้จะส่งผลให้มีการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลเพิ่มขึ้นและมีการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ลดลง ทำให้สัดส่วนของเปอร์เซ็นต์นิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์ของสัตว์สูงขึ้น (Sayers, 1950) ซึ่งเกิดจากการทำงานของคอร์ติโคสเตียรอยด์ โดยฮอร์โมนในกลุ่มคอร์ติโคสเตียรอยด์นี้จะมีฤทธิ์ทำให้ระดับของเม็ดเลือดขาวในเลือดที่เพิ่มขึ้นได้ (เฉลียว, 2548) โดยฮอร์โมนในกลุ่มคอร์ติโคสเตียรอยด์นี้จะไปกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หรือเฮทเทอโรฟิลในสัตว์ปีกให้เพิ่มขึ้น (Jensen, 1969) และสารประกอบฟีนอลิกจะมีฤทธิ์ในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยมีฤทธิ์ไปกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซด์ (Puri et al., 1993) และการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของระดับไขมันชนิดต่างๆ ในเลือดสุกร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธีรวัลย์ และคณะ (2549) ที่ศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูงเล็กน้อยโดยให้ดื่มผลิตภัณฑ์น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม พบว่าปริมาณไขมันในเลือดทั้งคลอเลสเตอรอล ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDL) ไลโปโปรตีน

ที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) และไตรกลีเซอไรด์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) กับก่อนการทดสอบ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบการลดลงของระดับไตรกลีเซอไรด์และการเพิ่มขึ้นของ HDL ตามระดับของเนื้อมะเกี๋ยงแห้งที่เพิ่มขึ้นในอาหารสุกรขุนแต่ไม่มีนัยสำคัญนั้น อาจเป็นเพราะสารประกอบฟีนอลิกมีฤทธิ์ในการลดระดับไตรกลีเซอไรด์และจะเพิ่ม HDL ในเลือดได้ (สุวรรณ และคณะ, 2549)

คุณภาพซากของสุกร

องค์ประกอบซากของสุกรทดลองที่ ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีองค์ประกอบของซากที่ได้รับการตัดแต่ง ดังแสดงในตารางที่ 16 ดังนี้

น้ำหนักมีชีวิตก่อนชำแหละของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 103.00, 102.75, 103.25 และ 93.00 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง สุกรที่เสริมเนื้อมะเกี๋ยงระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าต่ำที่สุด

น้ำหนักซากของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 77.74, 76.71, 81.79 และ 70.08 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่า น้ำหนักซากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์ซากของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 75.39, 74.86, 79.51 และ 75.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

น้ำหนักซากเย็นของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 73.66, 72.04, 76.38 และ 66.68 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าน้ำหนักซากเย็นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์ซากเย็นของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 71.43, 70.29, 75.27 และ 70.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากเย็นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ความหนาไขมันสันหลังของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 2.99, 2.54, 2.90 และ 2.72 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่าความหนาไขมันสันหลังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 59.33, 60.03, 61.36 และ 61.69 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

พบว่า พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามสันนอกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.35, 0.33, 0.38 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ลักษณะซากที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากอุ่น

อวัยวะส่วนหัวของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 6.50, 6.59, 6.45 และ 6.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนหัวสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ลักษณะซากที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น

อวัยวะส่วนขาหน้าทั้ง 2 ขาของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 4.39, 4.61, 4.39 และ 4.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนขาหน้าสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนขาหลังทั้ง 2 ขาของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 5.53, 5.60, 5.48 และ 5.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนขาหลังสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนไหล่ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 15.68, 16.26, 16.49 และ 15.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนไหล่สุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนสะโพกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 26.25, 26.16, 25.63 และ 25.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนสะโพกสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนสันนอกรวมสันคอของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 19.53, 19.36, 20.92 และ 19.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า อวัยวะส่วนสันนอกรวมสันคอสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนสันในของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 1.82, 1.79, 1.78 และ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอวัยวะส่วนสันในสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนสามชั้นของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 17.79, 15.69, 17.03 และ 15.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอวัยวะส่วนสามชั้นสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนซี่โครงของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 3.84, 3.69, 3.74 และ 3.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอวัยวะส่วนซี่โครงสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

อวัยวะส่วนหางของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.52, 0.52, 0.60 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอวัยวะส่วนหางสุกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 15 ผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกรขุน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (n= 16 ตัว)

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5		
น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)	103.00	102.75	103.25	93.00	5.07	0.44
น้ำหนักซากอุ่น (กิโลกรัม)	77.74	76.71	81.79	70.08	3.59	0.20
เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น	75.39	74.86	79.51	75.32	1.80	0.28
น้ำหนักซากเย็น (กิโลกรัม)	73.52	71.24	77.91	65.68	3.38	0.13
เปอร์เซ็นต์ซากเย็น	71.30	69.52	75.73	70.56	1.66	0.09
ความหนาไขมันสันหลัง (เซนติเมตร)	2.99	2.54	2.90	2.72	0.17	0.32
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (เซนติเมตร^2)	59.33	60.03	61.36	61.69	1.56	0.69
Lenden-Speck-Quotient, LSQ	0.35	0.33	0.38	0.35	0.02	0.36
ลักษณะซากที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากอุ่น						
อวัยวะส่วนหัว	6.50	6.59	6.45	6.66	0.26	0.94
ลักษณะซากที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากอุ่น						
อวัยวะส่วนหัว	6.50	6.59	6.45	6.66	0.26	0.94

LSQ = ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามสันนอก

ตารางที่ 15 (ต่อ) ผลของการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกรขุน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (n= 16 ตัว)

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5		
ลักษณะซากที่คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น						
อวัยวะส่วนขาหน้า	4.39	4.61	4.39	4.49	0.11	0.47
อวัยวะส่วนขาหลัง	5.53	5.60	5.48	5.31	0.18	0.72
อวัยวะส่วนไหล่	15.68	16.26	16.49	15.95	0.22	0.10
อวัยวะส่วนสะโพกรวม	26.25	26.16	25.63	25.56	0.27	0.21
อวัยวะส่วนสันนอกรวมสันคอ	19.53	19.36	20.92	19.96	0.39	0.07
อวัยวะส่วนสันใน	1.82	1.79	1.78	1.73	0.04	0.50
อวัยวะส่วนสามชั้น	17.79	15.69	17.03	15.88	0.57	0.30
อวัยวะส่วนซี่โครง	3.84	3.69	3.74	3.79	0.11	0.81
อวัยวะส่วนหาง	0.52	0.52	0.60	0.56	0.07	0.86

การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทดลองครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อลักษณะซากของสุกรขุน ซึ่งในเนื้อมะเกี๋ยงนั้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลในปริมาณสูง (Patthamakanokporn et al., 2008) ที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ Catechol-Omethyl transferase จึงช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย เผาผลาญพลังงาน ทั้งยังมีสมบัติในการชะลอการปล่อยกลูโคสสู่กระแสเลือด ชะลอการสร้างอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมให้ร่างกายสะสมไขมัน ดังนั้นร่างกายจึงเผาผลาญไขมันแทนที่จะสะสมไขมัน (เอกชัย, 2558) ซึ่งช่วยการจัดการกับโรคอ้วนและการสะสมไขมันได้ สอดคล้องกับการศึกษาของศรีสุดา และคณะ (2562) ที่ใช้เนื้อของกากเม่าหมักยีสต์ที่มีสารออกฤทธิ์คล้ายกับมะเกี๋ยงและเป็นผลไม้กลุ่มเบอร์รี่เช่นกันมาทดแทนรำข้าวในไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า พบว่ากากเม่าหมักยีสต์ไม่ได้ส่งผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ยังใช้ระดับของมะเกี๋ยงที่ต่ำทำให้ผลที่ได้แตกต่างกันไม่ชัดเจน

คุณภาพเนื้อของสุกร

ผลของระดับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสุกรทดลอง การศึกษาสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าสี และค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงในตารางที่ 17 ดังนี้

ค่าสีภายหลังการฆ่า 45 นาที

ค่าความสว่างของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (L*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 54.96, 52.00, 53.08

และ 51.99 ตามลำดับ พบว่า ค่าความสว่างของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความแดงของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (a*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 16.45, 17.15, 15.90 และ 18.31 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีแดงของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเหลืองของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (b*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 4.02, 2.95, 2.82 และ 4.02 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีเหลืองของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (L*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 51.41, 50.61, 51.21 และ 50.55 ตามลำดับ พบว่า ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความแดงของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (a*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 15.24, 16.40, 14.63 และ 15.42 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีแดงของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า (b*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 3.37, 3.23, 2.55 และ 2.43 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าสีภายหลังการฆ่า 24 ชั่วโมง

ค่าความสว่างของเนื้อสันนอก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (L*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 57.07, 56.15, 55.06 และ 55.07 ตามลำดับ พบว่า ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความแดงของเนื้อสันนอก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (a*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 15.42, 16.18, 16.75 และ 16.30 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีแดงของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเหลืองของเนื้อสันนอก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (b*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 3.13, 2.50, 2.88 และ 2.83 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (L*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 54.39, 53.90, 51.78 และ 50.23 ตามลำดับ พบว่า ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความแดงของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (a*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 16.92, 17.44, 18.33 และ 18.49 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีแดงของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (b*) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 3.24, 3.03, 3.63 และ 2.70 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสันนอก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า ($pH_{45\ min}$) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 6.10, 6.15, 6.17 และ 6.21 ตามลำดับ พบว่า pH ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสันนอก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ($pH_{24\ h}$) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 5.51, 5.45, 5.44 และ 5.46 ตามลำดับ พบว่า pH ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาทีหลังฆ่า ($pH_{45\ min}$) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 6.23, 6.01, 6.14 และ 6.47 ตามลำดับ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ($pH_{24\ h}$) ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 5.57,

5.55, 5.45 และ 5.57 ตามลำดับ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 16 ผลของระดับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และ pH ของเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพก (n= 16 ตัว)

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5		
ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังฆ่า 45 นาที						
pH 45 นาที (*Longissimus dorsi*)	6.10	6.15	6.17	6.21	0.10	0.90
pH 45 นาที (*Semimembranosus*)	6.23	6.01	6.14	6.47	0.13	0.11
ค่าความเป็นกรด-ด่างหลังฆ่า 24 ชั่วโมง						
pH 24 ชั่วโมง (*Longissimus dorsi*)	5.51	5.45	5.44	5.46	0.04	0.65
pH 24 ชั่วโมง (*Semimembranosus*)	5.57	5.55	5.45	5.57	0.05	0.26
ค่าสีหลังฆ่า 45 นาที						
สันนอก (*Longissimus dorsi*)						
ค่าความสว่าง (L*)	54.96	52.00	53.08	51.99	1.34	0.39
ค่าความแดง (a*)	16.45	17.15	15.90	18.31	1.07	0.45
ค่าความเหลือง (b*)	4.02	2.95	2.82	4.02	0.53	0.34
สะโพก (*Semimembranosus*)						
ค่าความสว่าง (L*)	51.41	50.61	51.21	50.55	0.90	0.88
ค่าความแดง (a*)	15.24	16.40	14.63	15.42	0.85	0.55
ค่าความเหลือง (b*)	3.37	3.23	2.55	2.43	0.36	0.21
ค่าสีหลังฆ่า 24 ชั่วโมง						
สันนอก (*Longissimus dorsi*)						
ค่าความสว่าง (L*)	57.07	56.15	55.06	55.07	1.23	0.61
ค่าความแดง (a*)	15.42	16.18	16.75	16.30	0.89	0.70
ค่าความเหลือง (b*)	3.13	2.50	2.88	2.83	0.29	0.51
สะโพก (*Semimembranosus*)						
ค่าความสว่าง (L*)	54.39	53.90	51.78	50.23	1.34	0.16
ค่าความแดง (a*)	16.92	17.44	18.33	18.49	0.83	0.52
ค่าความเหลือง (b*)	3.24	3.03	3.63	2.70	0.25	0.11

pH_{45min} ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อภายใน 45 นาที ภายหลังการฆ่า

pH_{24h} ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อที่ 24 ชั่วโมง ภายหลังการฆ่า

Lightness (L*) ค่าความสว่างของเนื้อ, Redness (a*) ค่าสีแดงของเนื้อ, Yellowness (b*) ค่าสีเหลืองของเนื้อ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่า

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่เย็นของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 9.97, 8.98, 9.55 และ 9.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่เย็น 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการต้มสุกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 27.15, 26.73, 27.86 และ 28.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการต้มสุก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่แข็งของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 10.91, 12.68, 13.74 และ 10.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่แข็ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่เย็นของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 7.56, 9.99, 8.47 และ 8.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่เย็น 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการต้มสุกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 25.90, 25.84, 27.14 และ 27.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการต้มสุก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่แข็งของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 15.76, 11.30, 11.70 และ 11.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่แข็ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าเกิดการออกซิเดชันของเนื้อสุกร แสดงดังตารางที่ 18 พบว่า

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อ วันที่ 0 หลังฆ่า ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.0056, 0.0075, 0.0066 และ 0.0064 ตามลำดับ พบว่า ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 4 หลังฆ่า ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.0241, 0.0218, 0.0210 และ 0.0169 ตามลำดับ พบว่า ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อ วันที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 7 หลังฆ่า ของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.0299, 0.0136, 0.0247 และ 0.0136 ตามลำดับ พบว่า ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อ วันที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่า

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสันนอกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 6.38, 6.80, 5.98 และ 7.03 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสะโพกของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเท่ากับ 6.63, 6.44, 6.72 และ 6.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 17 คุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่ได้รับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกันต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าออกซิเดชัน และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5		
ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)						
เนื้อสันนอก (Longissimus dorsi)						
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss)	9.97	8.98	9.55	9.03	0.40	0.31
การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (Cooking loss)	27.15	26.73	27.86	28.17	0.44	0.14
การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss)	10.91	12.68	13.74	10.71	1.05	0.18
เนื้อสะโพก (Semimembranosus)						
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss)	7.56	9.99	8.47	8.69	0.93	0.36
การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (Cooking loss)	25.90	25.84	27.14	27.64	1.32	0.71
การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss)	15.76	11.30	11.70	11.28	2.11	0.40

ตารางที่ 17 (ต่อ) คุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่ได้รับเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกันต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าออกซิเดชัน และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

รายการ	ระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0	0.5	1.0	1.5		
ค่าออกซิเดชันของเนื้อสุกร						
0 วัน	0.0056	0.0075	0.0066	0.0064	0.001	0.54
4 วัน	0.0241	0.0218	0.0210	0.0169	0.005	0.82
7 วัน	0.0299	0.0136	0.0247	0.0136	0.006	0.19
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)						
เนื้อสันนอก (Longissimus dorsi)	6.38	6.80	5.98	7.03	0.99	0.88
เนื้อสะโพก (Semimembranosus)	6.63	6.44	6.72	6.98	1.05	0.99

Drip loss ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อจากการแช่เย็น (เปอร์เซ็นต์)

Cooking loss ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อจากการปรุงสุก (เปอร์เซ็นต์)

Freezing loss ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (เปอร์เซ็นต์)

TBARS (Thio barbituric acid reactive substances) ค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ

Shear force ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)

การเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารทดลอง ในสุกรครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อของสุกร ซึ่งสารแอนโทไซยานินในเนื้อมะเกี๋ยงนั้นเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของค่าไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) (เอกชัย, 2558) อย่างไรก็ตาม ระดับของเนื้อมะเกี๋ยงเสริมในอาหารสุกรขุน ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อทั้งในวันที่ 0, 7 และวันที่ 10 แต่อย่างใด

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0, 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสูตรอาหารทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต โดยอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวทั้งในสุกรระยะเล็ก ระยะรุ่น ระยะขุน และตลอดระยะเวลาการทดลอง การศึกษาการเสริมเนื้อมะเกี๋ยง ในอาหารสุกรขุนพบว่า ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของเลือดทั้งด้านของปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ระดับของคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDL) และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) ของสุกรขุนทุกกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม พบการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาว ตามระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารทดลอง และพบการลดลงของไตรกลีเซอไรด์และการเพิ่มขึ้นของ HDL ตามระดับการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในสูตรอาหารทดลอง แต่ไม่พบความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการศึกษาลักษณะซากสุกรขุน พบว่า การเสริมเนื้อมะเกี๋ยง ไม่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่า LSQ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ผลต่อคุณภาพเนื้อในสุกรขุน พบว่า ไม่ส่งผลต่อมีค่า pH และค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ที่วัดนาทีที่ 45 และที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ค่าสว่างเนื้อ (L*) ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อ อย่างไรก็ตาม ค่าสว่างเนื้อ (L*) ที่วัดนาทีที่ 45 หลังฆ่า ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเนื้อมะเกี๋ยงที่ระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ($P=0.02$)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การทดลองการเสริมเนื้อมะเกี๋ยงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกร ครั้งนี้ ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบเลือด ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรขุน ควรมีการศึกษาผลการใช้เนื้อมะเกี๋ยงในระดับที่สูงขึ้น เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เนื่องจากผู้ทดลองใช้แต่เนื้อติดเปลือกของมะเกี๋ยงจึงทำให้ได้รับสารออกฤทธิ์จากมะเกี๋ยงที่น้อย การทดลองควรใช้มะเกี๋ยงทั้งผลเพื่อจะได้รับสารออกฤทธิ์จากเมล็ดของมะเกี๋ยงด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2539. รายงานกิจกรรมฉบับที่ 54 ปีงบประมาณ 2539. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. 330.

กันยา ตันติวิสุทธิกุล, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และจันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2541. การสำรวจคุณภาพซากสุกรในประเทศ - ปี 2542. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33(6): 368-372.

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, เสมอใจ บุรีนอก, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และปิยวิทย์ เกษร. 2553. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้กากเม่าสดกับกรดอินทรีย์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกรพื้นเมือง. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร. 30.

จตุพร คูณแก้ว. 2551. การศึกษาลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://203.158.6.11:8080/sutir/bitstream/123456789/3129/2/fulltext.pdf (27 ตุลาคม 2562).

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2538. คุณภาพเนื้อสัตว์กับการบริโภค (Meat quality) ใน “คุณภาพเนื้อสัตว์” เอกสารประกอบการสัมมนาเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร. สัตว์เศรษฐกิจ. กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. 12: 38-44.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, กันยา ตันติวิสุทธิกุล และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2541. การพัฒนาการจัดระดับเกรดซากสุกรของประเทศไทย. สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 107.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, กันยา ตันติวิสุทธิกุล, รณชัย สิทธิไกรพงษ์, สายชล เลิศสุวรรณ และกิตติมา เมืองมุสิทธิ์. 2545. การพัฒนาการจัดระดับเกรดซากสุกรของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).กรุงเทพมหานคร. 107.

เฉลียว, ศาลากิจ. 2548. โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชยพล มีพร้อม. 2556. ผลของการเสริมน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันโอลิอิค (Oleic acid) อยู่สูง ต่อผลผลิตโคเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 121.

ช่อแก้ว อนิลบล, ปรเมศ บันเทิง, จิรวัฒน์ สนิทชน และพัชริน ส่งศรี. 2554. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี HPLC และ spectrophotometric. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 353-371.

ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช. 2557. ราฟต์ คาวีโอเล และการขนส่งคอเลสเตอรอลภายในเซลล์. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 147-159.

ทนงศักดิ์ มณีวรรณ. 2544. มะเกี๋ยงพืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชสนองพระราชดำริ. ลำปาง: ศิลปะการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1.

ทวีพร อณุจักร. 2530. การวิเคราะห์ลูกมะเกี๋ยงสุก (Eugenia paniala Roxb., Myrtaceae) ทางเคมี. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, วิทูรย์ อนันกุล, ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ, ยุพา จวงพลงาม และวันวิสาข์ ชูจิตร. 2549. ผลการรับประทานอาหารสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากมะเกี๋ยง (Cleistocalyx nervosum var. paniala) ต่อความดันโลหิตสูงระดับเล็กน้อยและไขมันในเลือด. รายงานฉบับสมบูรณ์, สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. 76.

นันทยา ชนะรัตน์. 2532. สารไขมันมันเลือด. คู่มือเคมีคลินิก. เชียงใหม่ : คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87-100.

นาม ศิริเสถียร, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, รังสรรค์ วนิชจิวพันธ์ และอุทัย คันโธ. 2535. การใช้ข้าวฟ่างที่มีแทนนินระดับต่างกันเป็นอาหารสุกรรุ่น-ขุน. เอกสารรายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 30. สาขาสัตวแพทยศาสตร์และประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 641.

นาม ศิริเสถียร, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, รังสรรค์ วนิชจิวพันธ์ และอุทัย คันโธ. 2535. การศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของข้าวฟ่าง ที่มีระดับแทนนินต่างกันในสุกรรุ่นและสุกรขุน. เอกสารรายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 30. สาขาสัตวแพทยศาสตร์และประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 641.

นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์. 2556. สารเคมีที่มีประโยชน์จากผักผลไม้ที่มีสีม่วงและสีน้ำเงิน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/152/แอนโทไซยานิน (27 ตุลาคม 2562).

บุญรอด วงศ์สวาท. 2544. บทเรียน e-learning วิชาเคมี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/steroid.htm (27 ตุลาคม 2562).

บุญลือ เผือกผ่อง. 2536. การผลิตและการจัดการสุกร. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 99-144.

พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2556. สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2(44): 441-444.

พิพัฒน์ เจิดรังษี. 2536. ระบบไหลเวียนเลือด. สาขาสรีรวิทยา คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะ

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 113-126.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. Anthocyanin/แอนโทไซยานิน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin-แอนโทไซยานิน (27 ตุลาคม 2562).

ยุวฉัตร วุฒิธรรมคณาพร. 2543. การเปรียบเทียบการวิเคราะห์คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ และไลโปโปรตีน โดยวิธีใช้ enzyme และ วิธี colorimetry ในพลาสมาของสุกรขุน. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 1-47.

วรพจน์ จันทร์แสนตอ. 2541. ผลของสารสกัดจากพืชที่มีแทนนินสูง ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้เนื้อสุกรเน่าเสีย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.vcharkarn.com/project/86 (27 ตุลาคม 2562).

วันทนีย์ เกรียงสินยศ. 2548. “กินอย่างไร เมื่อไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.doctor.or.th/article/detail/1331 (27 ตุลาคม 2562).

วิน เชยชมศรี. 2549. โลหิตวิทยา (Hematology). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pirun.ku.ac.th/~fsciwcc/HEMATO2.PDF (27 ตุลาคม 2562).

วิวัฒน์ ชวนะนิกุล. 2555. บทวิเคราะห์น้ำหนักสุกรขุนที่ขายจาก 90 กก. ถึง 120 กก. ที่มีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.vincithai.com/upload/images/Document/News%20%20Knowledge/Market%20wt-2555.pdf (27 ตุลาคม 2562).

วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ, ศุภลักษณ์ พ่วงพี. และธิเบศ พลการ. 2559. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้กระถินเทพาด้วยน้ำกลั่น. หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมไม้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี. 1-7.

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล, พงศกร กุนัน, ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว, ปิยะวิทย์ เกษร และวุฒิชัย เคนไชยวงศ์. 2562. ผลของกากมะเม่าหมักยีสต์ทดแทนรำข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. 32(2): 31-40.

สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. 2544. มะเกี๋ยงพืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชสนองพระราชดำริโดย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rspg.org/makiang/mgcont.htm (27 ตุลาคม 2562).

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 244.

สุเมธ ตันตระเธียร. 2554. เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. 52.

สุชาดา สังวรวงษ์พนา. 2558. สารแทนนินจากใบมันสำปะหลังอีกหนึ่งทางเลือกของเกษตรกร. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 1-3.

สุนิสา วาปี. 2555. ส่วนประกอบของไวน์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://wineit12345.blogspot.com/2012/04/2.html (27 ตุลาคม 2562).

สุวรรณ ธีระวรพันธ์, ศิริพร เหลียงกอบกิจ, สุราวุฒิ ยิ่งสุขศาล, พนิดา ใหญ่ธรรมสาร และอรัญญา ศรีบุศราคัม. 2549. ผลของชาต่อภาวะไขมันในเลือดสูง. จุลสารข้อมูลสมุนไพร. 23(2): 10-21.

สุวิทย์ คล่องทะเล. ม.ป.ป. การตรวจวิเคราะห์ระดับไขมันในเลือด. สาขาวิชาเคมีคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น. 1-17.

อดิศักดิ์ จูมวงษ์. 2555. ผลของระยะการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลมะเกี๋ยง. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 205-207.

อมรรัตน์ พันธ์เพชรกุล. 2557. การใช้สารแทนนินในใบฝรั่งรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรระยะดูดนม. สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. 43-52.

อรวินทร์ โทรกี และประชา บุญญสิริกุล. 2522. อาหาร. สมาคมเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

อรุษา เชาวนลิขิต. 2554. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 3(6): 26-36.

เอเธิล, อาร์ เนลสัน และกิตติพร, ตันตระรุ่งโรจน์. 2545. คอเลสเตอรอล. นิวสตาร์ท รักษาสุขภาพแบบครบวงจร. สำนักพิมพ์เอเวอร์กรีนบุ๊ค. 32-34.

เอกชัย จารุเนตรวิลาส. 2558. อาหารฟังก์ชั่น. สำนักศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี. 249.

อัศพงษ์ อุประวรรณา และสมชาย จอมดวง. 2556. ผลของความเข้มข้นของสารละลายซูโครสและอุณหภูมิในการอบแห้งของผลมะเกี๋ยง (Cleistocalyx nervosum var. paniala) แช่อิ่มอบแห้งต่อสารออกฤทธิ์ชีวภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/bmp25.pdf (27 ตุลาคม 2562).

อุทัย คันโธ. 2539. สุกรยุคใหม่ต้องการอาหารอย่างไร. สัตวเศรษฐกิจ. 13(289): 20-23.

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ. 2538. ชีวเคมีของลิปิดและไลโปโปรตีน. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 111.

Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A. and Scaccini, C. 1998. Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 361-367.

Jansom, C. , Bhamarapravati, S. and Itharat, A. 2008. Major anthocyanin from ripe berries of *Cleistocalyx nervosum* var. paniala. Journal of Thammasat Medical 8(3).

Jensen, M. M. 1969. Changes in leukocyte counts associated with various stressors. Journal of Reticuloendo- thel. 6: 457-465.

Jung, D. H., Biggs, B. E. and Moorchead, W. R. 1975. Colorimetry of serum cholesterol with use of ferric acetate uranyl acetate and frrous sulfate/sulfuric acid reagents. Journal of Clinical Chemistry. 21: 526-1530.

Konczak, I. and Zhang, W. 2004. Anthocyanins-more than natures colours. Journal of Biomedicine and Biotechnology. 5: 239-240.

National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. 212.

Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A. and Sirichakwal PS. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. Journal of Food Composition and Analysis. 21: 241-248.

Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajit, M. and Yongvanit, P. 2008. Antioxidant activities of polyphenolic compounds isolated from Antidesma thwaitesianum Mull. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition. 43(1): 533-538.

Puri, A., Saxena, R., Saxena, R.P., Saxena, K.C., Srivastavaand, V. and Tandon, J.S. 1993. Immunostimulant agents from Andrograohis paniculata. Journal of Natural Product. 56: 995-999.

Sayers, G. 1950. The adrenal cortex and homeostasis. The adrenal cortex and homeostasis. 30: 241-320.

Steel, R. G. D., Torrie J. H. and Dickey D. A. (1997). Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. McGraw Hill Book Co. Inc. New York: 400-428.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.313	0.771	0.871^{ns}	0.483
Error	12	10.625	0.885		
Total	15	12.938			

หมายเหตุ SEM = 0.470
CV = 6.574 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	22.547	7.516	0.630^{ns}	0.610
Error	12	143.188	11.932		
Total	15	165.734			

หมายเหตุ SEM = 1.727
CV = 11.154 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	12.547	4.182	0.455^{ns}	0.719
Error	12	110.313	9.193		
Total	15	122.859			

หมายเหตุ SEM = 1.516
CV = 18.199 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.027	0.009	0.427^{ns}	0.737
Error	12	0.249	0.021		
Total	15	0.276			

หมายเหตุ SEM = 0.072
CV = 18.344 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.021	0.007	1.349^{ns}	0.305
Error	12	0.062	0.005		
Total	15	0.083			

หมายเหตุ SEM = 0.036
CV = 6.096 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.149	0.050	0.477^{ns}	0.704
Error	12	1.249	0.104		
Total	15	1.398			

หมายเหตุ SEM = 0.161
CV = 21.357 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	22.547	7.516	0.630^{ns}	0.610
Error	12	143.188	11.932		
Total	15	165.734			

หมายเหตุ SEM = 1.727
CV = 11.154 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	17.047	5.682	0.455^{ns}	0.719
Error	12	149.938	12.495		
Total	15	166.984			

หมายเหตุ SEM = 1.767
CV = 5.821 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	5.500	1.833	0.212^{ns}	0.886
Error	12	104.00	8.667		
Total	15	109.50			

หมายเหตุ SEM = 1.472
CV = 9.896 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.004	0.001	0.187^{ns}	0.903
Error	12	0.082	0.007		
Total	15	0.086			

หมายเหตุ SEM = 0.041
CV = 9.843 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.005	0.002	0.595^{ns}	0.630
Error	12	0.032	0.003		
Total	15	0.037			

หมายเหตุ SEM = 0.026
CV = 3.060 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.066	0.022	0.509^{ns}	0.683
Error	12	0.518	0.043		
Total	15	0.583			

หมายเหตุ SEM = 0.104
CV = 9.871 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	17.047	5.682	0.455^{ns}	0.719
Error	12	149.938	12.495		
Total	15	166.984			

หมายเหตุ SEM = 1.767
CV = 5.821 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	28.547	9.516	0.379^{ns}	0.770
Error	12	300.938	25.078		
Total	15	329.484			

หมายเหตุ SEM = 2.504
CV = 5.372 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	6.875	2.292	0.312^{ns}	0.816
Error	12	88.125	7.344		
Total	15	95.000			

หมายเหตุ SEM = 1.355
CV = 8.338 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.004	0.001	0.290^{ns}	0.832
Error	12	0.050	0.004		
Total	15	0.054			

หมายเหตุ SEM = 0.032
CV = 8.214 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.001	0.001	0.331^{ns}	0.803
Error	12	0.018	0.001		
Total	15	0.019			

หมายเหตุ SEM = 0.019
CV = 1.255 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.072	0.024	0.294^{ns}	0.829
Error	12	0.984	0.082		
Total	15	1.057			

หมายเหตุ SEM = 0.143
CV = 8.757 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.31	0.77	0.87^{ns}	0.48
Error	12	10.63	0.89		
Total	15	12.94			

หมายเหตุ SEM = 0.47
CV = 6.59 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	28.547	9.516	0.379^{ns}	0.770
Error	12	300.938	25.078		
Total	15	329.484			

หมายเหตุ SEM = 2.504
CV = 5.372 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่ม ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	17.172	5.724	0.279^{ns}	0.840
Error	12	246.438	20.536		
Total	15	263.609			

หมายเหตุ SEM = 2.266
CV = 5.743 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.002	0.001	0.281^{ns}	0.838
Error	12	0.024	0.002		
Total	15	0.026			

หมายเหตุ SEM = 0.023
CV = 5.521 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารที่กิน ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.001	0.003	0.115^{ns}	0.950
Error	12	0.021	0.002		
Total	15	0.022			

หมายเหตุ SEM = 0.021
CV = 2.247 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ในสุกรเล็ก-ขุน (15-90 กิโลกรัม)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.012	0.004	0.166^{ns}	0.917
Error	12	0.297	0.025		
Total	15	0.310			

หมายเหตุ SEM = 0.079
CV = 6.376 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเม็ดเลือดแดง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.125	0.042	0.202^{ns}	0.893
Error	12	2.475	0.206		
Total	15	2.600			

หมายเหตุ SEM = 0.227
CV = 7.321 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเม็ดเลือดขาว

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	88187500.000	29395833.330	1.407^{ns}	0.289
Error	12	250750000.000	20895833.330		
Total	15	338937500.000			

หมายเหตุ SEM = 2285.598
CV = 6.904 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	10.500	3.500	0.207^{ns}	0.889
Error	12	202.500	16.875		
Total	15	213.000			

หมายเหตุ SEM = 2.054
CV = 6.015 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	15.188	5.063	0.282^{ns}	0.837
Error	12	215.250	17.938		
Total	15	230.438			

หมายเหตุ SEM = 2.118
CV = 19.978 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซท์

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.250	0.083	0.178^{ns}	0.909
Error	12	5.611	0.468		
Total	15	5.861			

หมายเหตุ SEM = 0.342
CV = 20.730 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคอเลสเตอรอล

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	217.688	72.563	0.315^{ns}	0.814
Error	12	2760.750	230.063		
Total	15	2978.438			

หมายเหตุ SEM = 7.584
CV = 16.523 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไตรกลีเซอร์ไรด์

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	468.688	156.229	1.091^{ns}	0.390
Error	12	1718.250	143.188		
Total	15	2186.938			

หมายเหตุ SEM = 5.983
CV = 36.371 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไลโปโปรตีนที่มีความเข้มข้นต่ำ (LDL)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	261.688	87.229	0.687^{ns}	0.577
Error	12	1523.250	126.938		
Total	15	1784.938			

หมายเหตุ SEM = 5.633
CV = 24.440 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไลโปโปรตีนที่มีความเข้มข้นสูง (HDL)

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	91.688	30.563	1.635^{ns}	0.233
Error	12	224.250	18.688		
Total	15	315.938			

หมายเหตุ SEM = 2.161
CV = 11.559 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักก่อนฆ่าสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	300.500	100.167	0.974^{ns}	0.437
Error	12	1233.500	102.792		
Total	15	1534.000			

หมายเหตุ SEM = 5.069
CV = 10.088 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักหลังฆ่าสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	283.162	94.387	1.830^{ns}	0.195
Error	12	619.068	51.589		
Total	15	902.230			

หมายเหตุ SEM = 3.591
CV = 9.379 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซากสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	56.714	18.905	1.457^{ns}	0.275
Error	12	155.654	12.971		
Total	15	212.368			

หมายเหตุ SEM = 1.801
CV = 4.722 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักซากเย็นสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	310.964	103.655	2.270^{ns}	0.133
Error	12	548.024	45.669		
Total	15	858.988			

หมายเหตุ SEM = 3.379
CV = 9.374 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ซากเย็นสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	89.577	29.859	2.724^{ns}	0.091
Error	12	131.530	10.961		
Total	15	221.106			

หมายเหตุ SEM = 1.655
CV = 4.612 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันสันหลังสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.470	0.157	1.314^{ns}	0.315
Error	12	1.432	0.119		
Total	15	1.902			

หมายเหตุ SEM = 0.173
CV = 12.364 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	14.793	4.931	0.505^{ns}	0.686
Error	12	117.083	9.757		
Total	15	131.877			

หมายเหตุ SEM = 1.562
CV = 5.154 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.005	0.002	1.186^{ns}	0.356
Error	12	0.015	0.001		
Total	15	0.020			

หมายเหตุ SEM = 0.018
CV = 9.035 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากอุ่น) ของหัวสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.108	0.036	0.136^{ns}	0.937
Error	12	3.162	0.264		
Total	15	3.270			

หมายเหตุ SEM = 0.257
CV = 5.628 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของขาหน้าสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.135	0.045	0.910^{ns}	0.465
Error	12	0.595	0.050		
Total	15	0.730			

หมายเหตุ SEM = 0.111
CV = 4.991 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของขาหลังสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.180	0.060	0.452^{ns}	0.721
Error	12	1.593	0.133		
Total	15	1.773			

หมายเหตุ SEM = 0.182
CV = 6.643 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของไหล่สุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	1.484	0.495	2.653^{ns}	0.096
Error	12	2.237	0.186		
Total	15	3.721			

หมายเหตุ SEM = 0.216
CV = 2.674 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสะโพกสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	1.509	0.503	1.749^{ns}	0.210
Error	12	3.452	0.288		
Total	15	4.961			

หมายเหตุ SEM = 0.268
CV = 2.072 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสันนอกรวมสันคอสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	5.822	1.941	3.134^{ns}	0.066
Error	12	7.430	0.619		
Total	15	13.252			

หมายเหตุ SEM = 0.393
CV = 3.938 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสันในสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.020	0.007	0.840^{ns}	0.498
Error	12	0.093	0.008		
Total	15	0.112			

หมายเหตุ SEM = 0.044
CV = 5.025 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของสามชั้นสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	5.290	1.763	1.361^{ns}	0.302
Error	12	15.549	1.296		
Total	15	20.838			

หมายเหตุ SEM = 0.569
CV = 20.512 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของซี่โครงสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.046	0.015	0.317^{ns}	0.813
Error	12	0.583	0.049		
Total	15	0.629			

หมายเหตุ SEM = 0.110
CV = 5.872 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าลักษณะซาก (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็น) ของหางสุกร

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.011	0.004	0.191^{ns}	0.900
Error	12	0.239	0.020		
Total	15	0.250			

หมายเหตุ SEM = 0.071
CV = 25.713 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสันนอกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	23.451	7.817	1.088^{ns}	0.391
Error	12	86.210	7.184		
Total	15	109.661			

หมายเหตุ SEM = 1.340
CV = 5.057 %
ns = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสันนอกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	12.909	4.303	0.944^{ns}	0.450
Error	12	54.687	4.557		
Total	15	67.597			

หมายเหตุ SEM = 1.067
CV = 12.594 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสันนอกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	4.221	1.407	1.238^{ns}	0.339
Error	12	13.639	1.137		
Total	15	17.860			

หมายเหตุ SEM = 0.533
CV = 31.547 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.196	0.732	0.225^{ns}	0.877
Error	12	39.087	3.257		
Total	15	41.283			

หมายเหตุ SEM = 0.902
CV = 3.543 %
ns = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	6.409	2.136	0.744^{ns}	0.546
Error	12	34.454	2.871		
Total	15	40.863			

หมายเหตุ SEM = 0.847
CV = 10.988 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.692	0.897	1.779^{ns}	0.205
Error	12	6.054	0.505		
Total	15	8.746			

หมายเหตุ SEM = 0.355
CV = 24.589 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสันนอกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	11.192	3.731	0.622^{ns}	0.614
Error	12	71.976	5.998		
Total	15	83.168			

หมายเหตุ SEM = 1.225
CV = 4.386 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสันนอกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	3.695	1.232	0.478^{ns}	0.703
Error	12	30.905	2.575		
Total	15	34.600			

หมายเหตุ SEM = 0.802
CV = 9.930 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสันนอกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.793	0.264	0.811^{ns}	0.512
Error	12	3.910	0.326		
Total	15	4.703			

หมายเหตุ SEM = 0.285
CV = 20.175 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	44.656	14.885	2.067^{ns}	0.158
Error	12	86.429	7.202		
Total	15	131.086			

หมายเหตุ SEM = 1.342
CV = 5.105 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	6.591	2.197	0.801^{ns}	0.517
Error	12	32.923	2.744		
Total	15	39.514			

หมายเหตุ SEM = 0.828
CV = 9.311 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเหลืองของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	1.840	0.613	2.517^{ns}	0.108
Error	12	2.924	0.244		
Total	15	4.764			

หมายเหตุ SEM = 0.247
CV = 15.681 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสันนอกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.023	0.008	0.193^{ns}	0.899
Error	12	0.473	0.039		
Total	15	0.496			

หมายเหตุ SEM = 0.099
CV = 3.211 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสันนอกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.013	0.004	0.557^{ns}	0.653
Error	12	0.094	0.008		
Total	15	0.107			

หมายเหตุ SEM = 0.044
CV = 1.681 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสะโพกที่ 45 นาที

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.467	0.156	2.509^{ns}	0.108
Error	12	0.745	0.062		
Total	15	1.212			

หมายเหตุ SEM = 0.125
CV = 4.010 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.037	0.012	1.534^{ns}	0.256
Error	12	0.097	0.008		
Total	15	0.134			

หมายเหตุ SEM = 0.045
CV = 1.617 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่เย็น

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.634	0.878	1.349^{ns}	0.305
Error	12	7.809	0.651		
Total	15	10.443			

หมายเหตุ SEM = 0.403
CV = 8.602 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการต้มสุก

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	5.140	1.713	2.195^{ns}	0.142
Error	12	9.368	0.781		
Total	15	14.507			

หมายเหตุ SEM = 0.442
CV = 3.217 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่แข็ง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	25.467	8.489	1.912^{ns}	0.182
Error	12	53.292	4.441		
Total	15	78.760			

หมายเหตุ SEM = 1.054
CV = 17.548 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่เย็น

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	12.059	4.020	1.168^{ns}	0.363
Error	12	41.310	3.442		
Total	15	53.368			

หมายเหตุ SEM = 0.928
CV = 21.399 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการต้มสุก

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	9.785	3.262	0.471^{ns}	0.708
Error	12	83.152	6.929		
Total	15	92.937			

หมายเหตุ SEM = 1.316
CV = 9.885 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่แข็ง

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	56.791	18.930	1.065^{ns}	0.400
Error	12	213.303	17.775		
Total	15	270.094			

หมายเหตุ SEM = 2.108
CV = 33.701 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 0

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.000007	0.000002	0.748^{ns}	0.544
Error	12	0.000039	0.000003		
Total	15	0.000046			

หมายเหตุ SEM = 0.000897
CV = 26.476 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 4

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.000108	0.000036	0.310^{ns}	0.818
Error	12	0.001393	0.000116		
Total	15	0.001501			

หมายเหตุ SEM = 0.005388
CV = 51.439 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเนื้อ วันที่ 7

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.000806	0.000269	1.860^{ns}	0.190
Error	12	0.001733	0.000144		
Total	15	0.002539			

หมายเหตุ SEM = 0.006008
CV = 58.671 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสันนอก

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	2.572	0.857	0.217^{ns}	0.882
Error	12	47.307	3.942		
Total	15	49.879			

หมายเหตุ SEM = 0.993
CV = 30.340 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสะโพก

Source of Variance (SOV)	df	SS	MS	F-ratio	P-value
Treatment	3	0.591	0.197	0.045^{ns}	0.987
Error	12	52.693	4.391		
Total	15	53.284			

หมายเหตุ SEM = 1.048
CV = 31.304 %
ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	พงศกร แก้วแสนเมือง	
เกิดเมื่อ	27 เมษายน 2530	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2553 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	สัตวศาสตร์
	พ.ศ.2559 มหาวิทยาลัยแม่โจ้	สัตวศาสตร์