



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

.....  
สัปดาห์

สาขา

.....  
สัปดาห์

ภาควิชา

เรื่อง การใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีน  
ในไข่ไก่

Utilization of Cassava Meal and Cassava Leaf in Layer Diets on Egg Quality  
and Protein Content in Egg

นามผู้วิจัย นางสาววิภาสรี เสถียรदनันท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( ..... รองศาสตราจารย์อุทัย คັນโท, วท.ม. .... )

กรรมการ

( ..... อาจารย์สุกัญญา จิตตพรพงษ์, วท.ม. .... )

กรรมการ

( ..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี อิงคากุล, Ph.D. .... )

หัวหน้าภาควิชา

( ..... รองศาสตราจารย์พรศรี ชัยรัตนยุทธ์, Ph.D. .... )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( ..... รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A. .... )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 27 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีนในไข่ไก่

Utilization of Cassava Meal and Cassava Leaf in Layer Diets on Egg Quality and Protein  
Content in Egg

โดย

นางสาววิภาสรี เสภารัตนนานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)  
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1085-8

วิภาสิริ เสถารัตนานันท์ 2549: การใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อ  
คุณภาพและปริมาณโปรตีนในไข่ไก่ ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)  
สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อุทัย  
คันโธ, วท.ม. 75 หน้า

ISBN 974-16-1085-8

ผลของการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก และการใช้ใบมันสำปะหลัง  
และใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในอาหารไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex อายุ 23-42 สัปดาห์ จำนวน 960  
ตัว โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2x2 factorial experiment in completely randomized design ผล  
ปรากฏว่าการใช้แหล่งพลังงานหลัก 2 แหล่งในสูตรอาหารไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนัก  
ฟองไข่ คุณภาพของไข่ รวมทั้งอัตราการตาย ( $P>0.05$ ) แต่การใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลัก  
ทำให้ปริมาณการกินอาหาร สีของไข่แดง น้อยกว่าสูตรที่มีการใช้ข้าวโพด ( $P<0.05$ ) ขณะที่การใช้  
ใบมันสำปะหลังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และคะแนนสีไข่แดงดีกว่า แต่ทำให้ปริมาณอาหาร  
ที่กินของไก่ต่ำกว่าใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ส่วนสภาพการเปลี่ยนแปลงของ  
ไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ ของไข่ไม่ได้รับอิทธิพลจากทั้งสองปัจจัยในอาหาร ส่วนองค์ประกอบทาง  
เคมีของไข่ไก่ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาว พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่กินอาหารใช้มันเส้นเป็นแหล่ง  
พลังงานหลักโดยมีใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวสูงที่สุด ในขณะที่  
กลุ่มที่กินอาหารข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สี มีเปอร์เซ็นต์  
โปรตีนในไข่ขาวต่ำที่สุด ( $P<0.05$ ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่ขาวและไข่แดง  
ไม่ได้รับอิทธิพลจากทั้งสองปัจจัยในอาหาร แต่การใช้ใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในสูตร  
อาหารทำให้ค่าพลังงานรวมในไข่ขาวและไข่แดงสูงกว่าการใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
( $P<0.05$ ) ไม่ว่าจะใช้ร่วมกับข้าวโพดหรือมันเส้นก็ตาม

วิภาสิริ เสถารัตนานันท์  
ลายมือชื่อนิติ

  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

6, ธ.ค., 2549

Wipasiri Saparattananan 2006: Utilization of Cassava Meal and Cassava Leaf in Layer Diets on Egg Quality and Protein Content in Egg. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Uthai Kanto, M.S. 75 pages.  
ISBN 974-16-1085-8

The study was conducted to investigate the effect of diets containing corn or cassava (Factor 1) as basal feed ingredient supplemented with leucaena leaves meal (LL) or cassava leaves meal (CL) (Factor 2) as pigment sources on performance, egg quality, egg quality after storage and egg composition of 960 (Hisex) layer hens during 23-42 weeks of age by utilizing 2x2 factorial experiment in completely randomized design. The results of the study showed that basal feed ingredients (corn or cassava) and sources of pigment (LL or CL) have no significant effects on laying performances including hen-day production, daily feed intake, egg weight, egg quality including egg shell thickness and Haugh unit, as well as hen mortality. However, cassava has produced a significantly poorer egg yolk color score and poorer daily feed intake of the animals ( $P<0.05$ ). CL produced a significant better ( $P<0.05$ ) hen-day production and egg yolk color score but significantly poorer ( $P<0.05$ ) daily feed intake than those on the LL. Effects of interaction between basal feed ingredients and pigment sources on egg weight, egg quality and mortality rate were not significant. Egg quality (Haugh unit) after storage and egg composition from the hens fed corn or cassava diet with LL or CL supplementation were not statistically different but gross energy in egg white from the CL supplemented diet was significantly higher than those of the LL diet ( $P<0.05$ ). Interaction between type of basal feed ingredient and pigment sources were not statistically different except protein in egg white ( $P<0.05$ ) including gross energy of egg yolk in eggs derived from CL supplemented diets were significantly higher than those of the LL supplemented diets ( $P<0.05$ ).

Wipasiri Saparattananan

Student's signature



Thesis Advisor's signature

Feb 6, 2006

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อุทัย คั่นโธ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้การสนับสนุนให้คำปรึกษาแนะนำและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุกัญญา จิตตพรพงษ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี อิงคากุล กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และดร. ปราโมทย์ ศิริโรจน์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ขอขอบคุณฟาร์ม สี่ร้อย ตำบลสี่ร้อย อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ที่ได้ให้การสนับสนุนพันธุ์ไก่และสถานที่ เพื่อใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์คั้นคว่ำและพัฒนาวิชาการ อาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้อำนวยความสะดวกในระหว่างทำการทดลอง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ได้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในทุกด้าน ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตปริญญาตรีและโท ภาควิชาสัตวบาลทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิภาศิริ เสภารัตนนานันท์

มกราคม 2549

## สารบัญ

## หน้า

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| สารบัญ.....               | (1) |
| สารบัญตาราง.....          | (2) |
| สารบัญภาพ.....            | (3) |
| คำนำ.....                 | 1   |
| วัตถุประสงค์.....         | 2   |
| การตรวจเอกสาร.....        | 3   |
| อุปกรณ์และวิธีการ.....    | 30  |
| อุปกรณ์.....              | 30  |
| วิธีการทดลอง.....         | 32  |
| ผลการทดลอง.....           | 35  |
| วิจารณ์ผลการทดลอง.....    | 49  |
| สรุป.....                 | 62  |
| ข้อเสนอแนะ.....           | 64  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง..... | 65  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                         | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 คุณค่าทางโภชนาต่าง ๆ ของมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น...4                              | 4    |
| 2 ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง.....8                                                         | 8    |
| 3 ผลของระยะเวลาการผึ่งแดดมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น.....9                                       | 9    |
| 4 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น.....10                                                    | 10   |
| 5 องค์ประกอบทางโภชนาและราคาของข้าวโพดเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ปรับ<br>โปรตีนเทียบเท่าข้าวโพดแบบต่าง ๆ .....15 | 15   |
| 6 โภชนาและกรดอะมิโนของใบมันสำปะหลัง.....23                                                                       | 23   |
| 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์.....23                                                                          | 23   |
| 8 ปริมาณกรดอะมิโนในใบมันสำปะหลังเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองและปลาป่น.....25                                       | 25   |
| 9 ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกกับระยะเวลาการผึ่งแดดใบมันสำปะหลัง.....27                                                 | 27   |
| 10 ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารและโภชนาในอาหารไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลอง.....31                                        | 31   |
| 11 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลอง.....35                                                                     | 35   |
| 12 ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของ<br>ไก่ไข่.....40                         | 40   |
| 13 ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่.....42                                            | 42   |
| 14 ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง<br>ของไข่ที่อายุการเก็บต่างๆ.....44      | 44   |
| 15 ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบทางเคมี<br>ของไข่.....46                          | 46   |

## สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

|   |                                                                              |    |
|---|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสาร linamarin และ lotaustralin โดยเอนไซม์ linamarase..... | 7  |
| 2 | ขั้นตอนการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ดคุณภาพดี.....                              | 11 |
| 3 | การกำจัดไซยาไนด์โดยอาศัยเอนไซม์โรคานีส.....                                  | 14 |
| 4 | การใช้ประโยชน์และการกำจัดไซยาไนด์จากร่างกาย.....                             | 17 |

## การใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีนในไข่ไก่

### Utilization of Cassava Meal and Cassava Leaf in Layer Diets on Egg Quality and Protein Content in Egg

#### คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายและได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยมีการผลิตหัวมันสดประมาณ 20 ล้านตันต่อปี หัวมันสำปะหลังสดเมื่อนำมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ และฝั้งแดดให้แห้งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ทั้งสุกร โคเนื้อ โคนม และสัตว์ปีก แต่จากการศึกษาพบว่าการใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานทำให้สารสีในไข่แดงต่ำกว่าการใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งที่ผ่านมามีการใช้ใบกระถินเป็นแหล่งของสารสีแซนโทฟิลล์ในอาหารไก่ไข่ แต่เนื่องจากใบกระถินมีข้อจำกัดในการใช้จากการที่มีสารพิษโมโนซินและแทนนิน ขณะที่ใบมันสำปะหลังไม่มีปัญหาจากสารทั้งสองชนิดนี้ ดังนั้นจึงนำพิจารณาใบมันสำปะหลังมาใช้ร่วมกับมันเส้นในอาหารไก่ไข่ ทั้งนี้ในการเก็บเกี่ยวหัวมันสดนั้น ใบมันสำปะหลังเป็นส่วนหนึ่งที่ถูกทิ้งไว้ในแปลงเป็นจำนวนมาก ซึ่งใบมันสำปะหลังที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวนี้โดยทั่วไปมีความชื้นสูงประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับสารพิษไซยาไนด์สูง อย่างไรก็ตามหากนำใบมันสำปะหลังนี้มาฝั้งแดดให้แห้งเป็นเวลา 2-3 แดด หรืออบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในสูตรอาหารสัตว์ได้ดี โดยไม่เพียงแต่เป็นแหล่งของโปรตีนและเยื่อใยในสูตรอาหารเท่านั้น แต่ยังเป็นแหล่งสารให้สีหรือสารแซนโทฟิลล์ ซึ่งเหมาะแก่การนำมาใช้ในอาหารสัตว์ เช่น ไก่ไข่ จากการทดลองเบื้องต้นการใช้ใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ของเกษตรกรในประเทศไทย พบว่าการเสริมใบมันสำปะหลังแห้งในอาหารไก่ไข่ นอกจากจะทำให้สีของไข่แดงดีขึ้นแล้ว ยังมีแนวโน้มช่วยให้แม่ไก่มีสุขภาพดี คุณภาพของไข่ดีขึ้น ไข่ขาวข้นขึ้น และสามารถเก็บรักษาไข่ได้ระยะเวลานานขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของใบมันสำปะหลังในเชิงอาหารสัตว์ การทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษาการใช้มันสำปะหลังร่วมกับใบมันสำปะหลังต่อผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ รวมทั้งสุขภาพของแม่ไก่ไข่ด้วย

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังแห้ง เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตได้แก่ ผลผลิต คุณภาพ รวมทั้งปริมาณโปรตีนในไข่ไก่ ซึ่งมีผลต่อความต้องการของผู้บริโภคไข่ไก่
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่เปรียบเทียบกับสูตรข้าวโพดและใบกระถิน

## การตรวจเอกสาร

### ลักษณะทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มันสำปะหลังมีชื่อเรียกตามภาษาสากลแตกต่างกันตามภาษาท้องถิ่นเช่น cassava, tapioca, manioc, mandioca และ yucca ในภาษาไทยเคยเรียกว่า มันไม้ มันสำโรง หรือมันสำปะหลัง สำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกกันเป็นการค้าในปัจจุบันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. (เจริญศักดิ์, 2532; ดนัย, 2537) มันสำปะหลังมีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้ (Lancaster *et al.*, 1982)

|             |               |
|-------------|---------------|
| Genus       | Manihot       |
| Family      | Euphorbiaceae |
| Subdivision | Angiospermae  |
| Class       | Dicotyledonae |
| Order       | Geraniales    |

มันสำปะหลังเป็นไม้พุ่มยืนต้นมีอายุอยู่ได้หลายปี ลักษณะลำต้นและความสูงของต้นจะแตกต่างกันตามพันธุ์และสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจสูงถึง 1-5 เมตร ลำต้นมีสีต่าง ๆ มากมายแล้วแต่พันธุ์ เช่น สีเขียวเงิน สีเทาเงิน สีเหลือง และสีน้ำตาล เป็นต้น ส่วนยอดมักเป็นสีเขียว ส่วนลักษณะของใบมันสำปะหลังเป็นแบบใบเดี่ยว (single leaf) สีของใบแตกต่างกันไปตามพันธุ์เช่นเดียวกับสีของลำต้น (เจริญศักดิ์, 2532; ดนัย, 2537) อนึ่งใบมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการเลี้ยงสัตว์ได้ เช่น เป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีนและเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งให้สารสีแซนโทฟิลล์ เป็นต้น (Enriquez and Ross, 1969) สำหรับระบบรากของมันสำปะหลังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ รากจริง (ture root) และรากสะสมหรือหัว (modified or storages roots) ซึ่งรากสะสมนี้จะเจริญกลายเป็นหัวมันสำปะหลังโดยเกิดจากการสะสมแป้งใน parenchyma cell อันเป็นแหล่งสะสมอาหารจำพวกแป้ง โดยทั่วไปต้นหนึ่ง ๆ จะมีหัวระหว่าง 5-15 หัว รูปร่างของหัวอาจจะป้อมสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับพันธุ์

### คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันรำปะหลัง

น้ำมันรำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทพลังงานมีองค์ประกอบเป็นแป้งและน้ำตาลสูงถึง 75–80 เปอร์เซ็นต์ และแป้งในน้ำมันรำปะหลังยังเป็นแป้งอ่อนที่ย่อยง่ายและใช้ประโยชน์ได้ดี ให้พลังงานสูงถึง 3,300–3,400 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งให้พลังงานแก่สัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย และสุกัญญา, 2547; Du, 1998) แต่มีข้อเสีย คือ มีโปรตีนต่ำ และมีไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน กรดไขมัน และกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิดต่ำ (Basilisa, 1997) ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** คุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ของน้ำมันรำปะหลังเปรียบเทียบกับวัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดอื่น

| องค์ประกอบโภชนา<br>(เปอร์เซ็นต์)                         | น้ำมันรำปะหลัง <sup>1/</sup> | ข้าวโพด <sup>2/</sup> | ปลายข้าว <sup>2/</sup> | รำละเอียด <sup>2/</sup> |
|----------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| โปรตีน                                                   | 2.00                         | 8.00                  | 8.00                   | 12.00                   |
| พลังงานสุกใช้ประโยชน์ได้<br>(กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)      | 3260                         | 3168                  | 3596                   | 3120                    |
| พลังงานสัตว์ปีกใช้ประโยชน์ได้<br>(กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) | 3500                         | 3370                  | 3500                   | 2710                    |
| ไขมัน                                                    | 0.75                         | 4.00                  | 0.90                   | 12.00                   |
| เยื่อใย                                                  | 4.00                         | 2.50                  | 1.00                   | 11.00                   |
| แคลเซียม                                                 | 0.12                         | 0.01                  | 0.03                   | 0.06                    |
| ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้                                   | 0.05                         | 0.10                  | 0.04                   | 0.47                    |
| กรดอะมิโนจำเป็นในอาหาร                                   |                              |                       |                        |                         |
| ไลซีน                                                    | 0.09                         | 0.25                  | 0.27                   | 0.55                    |
| เมทไธโอนีน+ซิสตีน                                        | 0.06                         | 0.39                  | 0.32                   | 0.50                    |
| ทริปโตเฟน                                                | 0.02                         | 0.09                  | 0.10                   | 0.10                    |
| ทรีโอนีน                                                 | 0.07                         | 0.32                  | 0.36                   | 0.25                    |

ที่มา: <sup>1/</sup> อุทัย และคณะ (2540)

<sup>2/</sup> อุทัย (2529)

มันสำปะหลังที่มีคุณภาพดีสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดและปลายข้าวในสูตรอาหารได้ดี แต่จะต้องมีการปรับระดับโปรตีนและกรดอะมิโนในอาหารให้เพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์ การใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์มีข้อควรระวังดังนี้ (อุทัย และสุกัญญา, 2547)

1. ระดับสารพิษไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid: HCN) ซึ่งมีค่าผันแปรตั้งแต่ 15–400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยในหัวมันสดจะมีระดับสูง การผึ่งแดดให้มีความชื้นเพียง 14 เปอร์เซ็นต์ จะมีระดับกรดไฮโดรไซยานิกไม่เกิน 30 พีพีเอ็มซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวสัตว์เนื่องจากร่างกายสัตว์มีความสามารถในการทำลายสารพิษดังกล่าวในระดับต่ำได้

2. แป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อนมีน้ำหนักเบา เวลานำมาผสมอาหารทำให้อาหารมีลักษณะเป็นฝุ่นเกิดการสูญเสียมากและสัตว์กินอาหารลดลง การใช้กากน้ำตาลเสริมในระดับไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้ไขมันเสริมในสูตรอาหารจะสามารถลดปัญหานี้ได้

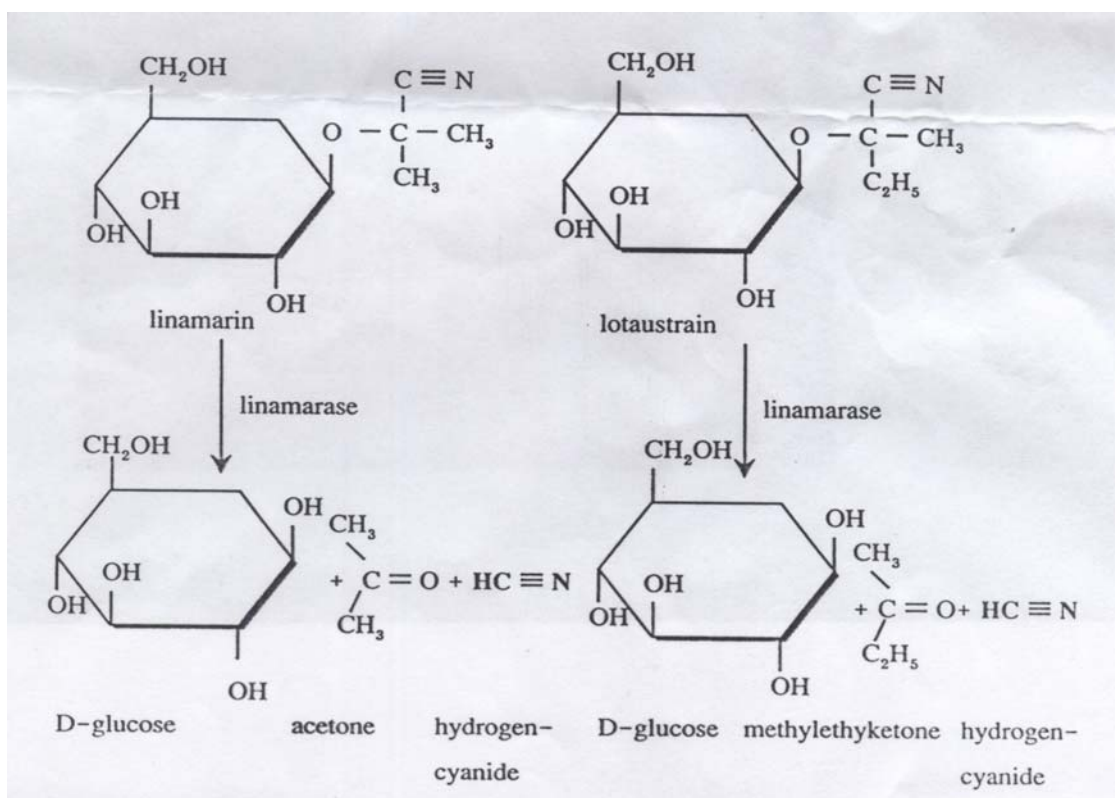
3. การขาดสารให้สีเช่นเดียวกับกรณีปลายข้าว สารให้สีมีความสำคัญมากในการผลิตไก่เนื้อและไข่ ทำให้ผิวหนังไก่เนื้อและไข่แดงของไข่ไก่มีสีเข้มขึ้น การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดจึงจำเป็นต้องเสริมแหล่งของสารให้สีด้วย

4. ไขมันต่ำและขาดกรดไขมันที่จำเป็นเช่นเดียวกับปลายข้าว การใช้มันสำปะหลังในอาหารจะทำให้มีระดับไขมันและกรดไขมันที่จำเป็นต่ำ จึงต้องใช้ร่วมกับแหล่งไขมันพืชหรือวัตถุดิบที่มีไขมันสูง เช่น รำละเอียด เป็นต้น

#### สารพิษและการลดสารพิษในมันสำปะหลัง

ภายในมันสำปะหลังมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบที่เรียกว่าไซยาโนจินิกกลูโคไซด์ (Cyanogenic glucoside) สารประกอบไซยาโนจินิกกลูโคไซด์ในมันสำปะหลังมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สารลินามาริน (linamarin) ซึ่งพบอยู่ประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ และสารโลทอสตราลิน (lotostarin) หรือเมทิลลินามาริน (methyl linamarin) พบอยู่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (โสภณ, 2526) ในขณะที่ Yeoh and Trunong (1993) รายงานว่า ภายในมันสำปะหลังมีสารลินามารินระหว่าง 2-395 มิลลิกรัมต่อ 100 กิโลกรัมของหัวมันสด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารลินามารินจะผันแปรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมันสำปะหลังอีกด้วยทั้งนี้สารลินามารินจะ

สังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนวาลีนส่วนสารไลทอสตราลินสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนไอโซลูซีนภายในพืช โดยในกระบวนการสังเคราะห์สารไซยาโนจินิกลูโคไซด์ทั้งสองชนิดจากกรดอะมิโนวาลีนและไอโซลูซีนภายในต้นมันสำปะหลังใช้เวลานานประมาณ 10-14 วัน อันที่จริงแล้วสารไซยาโนจินิกลูโคไซด์ทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้วนั้นจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช เนื่องจากสารเหล่านี้จะถูกสังเคราะห์เปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ กรดแอสพาร์ติก กรดกลูตามิก และกลูตามีน ดังนั้นจากกระบวนการดังกล่าวจึงทำให้ไม่เกิดพิษในพืช ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งของสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกจากมันสำปะหลังคือใน สภาพการเจริญเติบโตปกติจะไม่พบกรดไฮโดรไซยานิกในต้นพืชแต่อย่างใด เนื่องจากในพืชมีเอนไซม์ลินามาราส (linamarase) หรือเบต้ากลูโคซิเดส ( $\beta$ -glucosidase) ที่พบบริเวณภายนอกเซลล์ซึ่งในสภาวะปกติจะไม่ทำงานจนกระทั่งเมื่อส่วนเซลล์ของเนื้อเยื่อถูกทำลายหรือแตกออก รวมทั้งถูกบดขยี้ส่วนต่าง ๆ มีผลทำให้ไปเร่งการทำงานของเอนไซม์ลินามาราส (Mlingi *et al.*, 1992) ซึ่งในกรณีเช่นนี้เอนไซม์ลินามาราสทำปฏิกิริยาเร่งให้สารลินามารินสลายตัวเองออก ก่อให้เกิดเป็นกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid; HCN) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อร่างกาย และจากปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวนี้ยังก่อให้เกิดผลพลอยได้อื่น ๆ ได้แก่ คีโตนและน้ำตาลกลูโคส (Lykkesfedit and Miller, 1994) นอกจากนี้ Conn (1973) รายงานว่าสารลินามารินเมื่อถูกไฮโดรไลซ์โดยเอนไซม์ลินามาราสจะสลายตัวได้สารพิษกรดไฮโดรไซยานิก น้ำตาลกลูโคสและอะซีโตน ส่วนสารไลทอสตราลินเมื่อถูกไฮโดรไลซ์โดยเอนไซม์ลินามาราสจะสลายตัวได้สารพิษกรดไฮโดรไซยานิก น้ำตาลกลูโคสและเมทิลเอทิลคีโตน ดังแสดงในภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** ปฏิกริยาไฮโดรไลซิสสาร linamarin และ lotaustralin โดยเอนไซม์ linamarase  
ที่มา: Narthey (1973)

เมื่อพิจารณาถึงระดับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกต่อสัตว์สามารถแบ่งระดับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกในมันสำปะหลังได้ 3 ระดับ (Bolhuis, 1954) ได้แก่

1. ปริมาณที่ปลอดภัย คือ การมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังต่ำกว่า 50 ส่วนต่อล้านส่วน หรือต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของหัวมันสำปะหลังสด
2. ปริมาณที่เป็นพิษปานกลาง คือ การมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังระหว่าง 50-100 ส่วนต่อล้านส่วน หรือระหว่าง 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของหัวมันสำปะหลังสด
3. ปริมาณที่เป็นพิษร้ายแรง คือ การมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังสูงกว่า 100 ส่วนต่อล้านส่วน หรือสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของหัวมันสำปะหลังสด

**ตารางที่ 2** ปริมาณกรดไฮโดรไลซายานิกในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

| ส่วนของมันสำปะหลัง       | ปริมาณกรดไฮโดรไลซายานิก<br>(ส่วนต่อล้านส่วน, น้ำหนักสด) |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|
| ใบ                       |                                                         |
| ใบอ่อน                   | 490                                                     |
| ใบเจริญเต็มที่           | 590                                                     |
| ใบแก่                    | 380                                                     |
| ก้านใบ                   |                                                         |
| ก้านใบอ่อน               | 720                                                     |
| ก้านใบที่เจริญเต็มที่    | 340                                                     |
| ก้านใบแก่                | 150                                                     |
| ลำต้น                    |                                                         |
| ส่วนบนใกล้ใบ             | 630                                                     |
| ส่วนล่างสองในสามของลำต้น | 310                                                     |
| หัว                      |                                                         |
| รวมเปลือก                | 640                                                     |
| ไม่รวมเปลือก             | 440                                                     |
| แกนใน                    | 140                                                     |

ที่มา: Bruijn (1973)

การผลิตมันเส้นโดยการสับหัวมันสดเป็นชิ้นเล็กแล้วผึ่งแดดให้แห้งใช้เวลา 3 - 4 แดดนั้นจะสามารถลดระดับกรดไฮโดรไลซายานิกให้ต่ำลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ Khajareem *et al.* (1982) พบว่าการผึ่งแดดขึ้นมัน 6 แดด จะสามารถลดระดับสารพิษกรดไฮโดรไลซายานิกจาก 111.63 ส่วนต่อล้านส่วน (พีพีเอ็ม) ลงเหลือ 22.97 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 3) และการเก็บขึ้นมันเส้นไว้ก็จะทำให้สารพิษลดระดับลงอีก โดยพบว่าเมื่อเก็บขึ้นมันเส้นไว้ 5 วัน จะสามารถลดระดับสารพิษจาก 87.14 พีพีเอ็ม เหลือ 36.25 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 4) และการใช้น้ำในการอัดเม็ดมันสำปะหลังจะลดสารพิษลงเหลือ 11.82 พีพีเอ็ม (Khajareem *et al.*, 1979) จึงสรุปได้ว่าการผลิตมันเส้นโดยวิธีการผึ่งแดด 3-6 แดด จนความชื้นของขึ้นมันสำปะหลังไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ และเก็บขึ้นมันไว้อีก 2-3 วันก่อนที่จะ

ส่งไปยังโรงงานอาหารสัตว์หรือส่งไปยังผู้ใช้ จะสามารถทำให้ระดับสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก ลดต่ำลงจนอยู่ห่างจากระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์มาก ประกอบกับการเก็บไว้ในโรงงานอาหารสัตว์อีก ระยะหนึ่งก่อนการใช้อีกก็จะเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทำให้สามารถใช้มันเส้นและมันอัดเม็ดได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงกับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกที่จะมีต่อสัตว์เลี้ยง

### ตารางที่ 3 ผลของระยะเวลาการผึ่งแดดมันสำปะหลังต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น

| จำนวนวันที่ผึ่งแดด | ระดับไซยาไนด์<br>(พีพีเอ็ม) |
|--------------------|-----------------------------|
| 0                  | 111.83                      |
| 1                  | 111.96                      |
| 2                  | 110.96                      |
| 3                  | 109.96                      |
| 4                  | 90.72                       |
| 5                  | 52.22                       |
| 6                  | 22.97                       |

ที่มา: Khajareern *et al.* (1982)

อุทัยและสุกัญญา (2547) รายงานว่ามันเส้นคุณภาพดีที่ระดับความชื้นไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ จะมีกรดไฮโดรไซยานิกต่ำกว่า 30 พีพีเอ็ม และไม่มีผลก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวสัตว์ นอกจากนี้ สารพิษไซยาไนด์ในระดับต่ำดังกล่าว ยังอาจมีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ทางอ้อมในการเพิ่มภูมิ ต้านทานโรคและการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เช่น ไข่และน้ำนมด้วย

นอกจากนี้การลดสารพิษในมันสำปะหลังสามารถทำได้โดยการทำให้สุก การใช้ไอน้ำ การ ทำให้แห้ง การหมักหรือการล้างน้ำ ซึ่งบางวิธีการนี้อาจไม่เหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ที่ใช้ในอาหารสัตว์แต่กรรมวิธีเหล่านี้สามารถใช้กับการผลิตแป้งมันสำหรับคนบริโภคได้

**ตารางที่ 4** ผลของระยะเวลาการเก็บต่อระดับไซยาไนด์ (HCN) ในมันเส้น

| จำนวนวันที่เก็บสต็อก | ระดับไซยาไนด์<br>(พีพีเอ็ม) |
|----------------------|-----------------------------|
| 0                    | 87.14                       |
| 1                    | 56.76                       |
| 2                    | 40.11                       |
| 3                    | 29.52                       |
| 4                    | 31.46                       |
| 5                    | 36.25                       |

ที่มา: Khajareen *et al.* (1982)

### เทคนิคการใช้มันสำปะหลังระดับสูงในอาหารไก่ไข่

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทพลังงาน มีลักษณะเฉพาะและมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่ก่อให้เกิดผลดีในการใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งการนำมันสำปะหลังมาใช้ในสูตรอาหารสัตว์จะต้องมีความเข้าใจในลักษณะและคุณสมบัติเหล่านี้เป็นอย่างดี จึงจะทำให้ใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ได้อย่างถูกต้องและประสบผลสำเร็จ

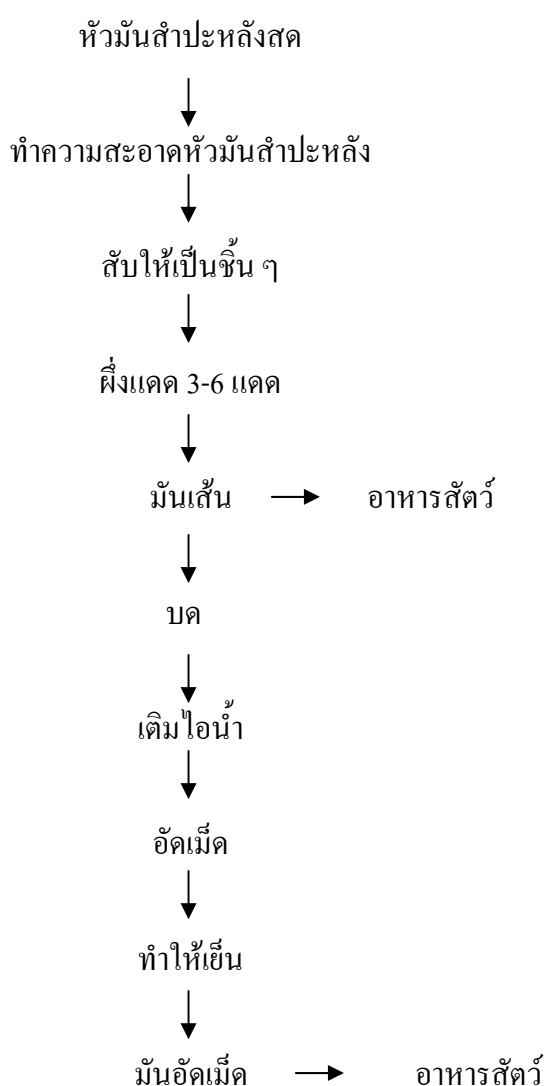
#### 1. การเลือกใช้น้ำมันสำปะหลังคุณภาพดี

มันสำปะหลังที่ใช้ควรเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ดคุณภาพดีหรือมันเส้นสะอาด โดยมีลักษณะดังนี้

|            |             |         |             |
|------------|-------------|---------|-------------|
| ความชื้น   | ไม่มากกว่า  | 13      | เปอร์เซ็นต์ |
| โปรตีนรวม  | ไม่น้อยกว่า | 1.5-2.0 | เปอร์เซ็นต์ |
| เยื่อใยรวม | ไม่มากกว่า  | 3.5-4.0 | เปอร์เซ็นต์ |
| ทราย       | ไม่มากกว่า  | 2       | เปอร์เซ็นต์ |

ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะดังกล่าวจะมีคาร์โบไฮเดรตที่ง่าย (NFE) อยู่ประมาณ 75-80 เปอร์เซ็นต์ หรือแป่ง (วิเคราะห์โดยวิธี polarimetric) ไม่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

และสามารถให้ผลการใช้ในอาหารสัตว์ได้เทียบเท่ากับข้าวโพด การผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังคุณภาพดีทำได้โดยการเลือกใช้หัวมันสดที่มีส่วนของลำต้นหรือเหง้าติดปนมาน้อยที่สุด มีการนำหัวมันสดไปร่อนหรือขัดผิวนอกของเปลือกออก เพื่อให้เศษดินทรายที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังหลุดออกไปมากที่สุดก่อนที่จะนำหัวมันสดไปสับเป็นชิ้น ๆ จากนั้นนำมันที่ถูกหั่นเป็นชิ้นแล้วไปตากบนลานคอนกรีตผิวขัดมัน 3-6 แดด หรือจนกว่าชิ้นมันจะแห้งสนิท จากนั้นเก็บไว้อีก 5-6 วันก่อนนำไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังหรือมันเส้น ควรสะอาด มีส่วนของเยื่อใยและฝุ่นค่อนข้างน้อย ไม่มีเชื้อราขึ้นจนสังเกตได้ (อุทัย และสุกัญญา, 2547) ดังภาพที่ 2



**ภาพที่ 2** ขั้นตอนการผลิตมันเส้น และมันอัดเม็ดคุณภาพดี

ที่มา: อุทัย และสุกัญญา (2547)

## 2. การปรับระดับกรดอะมิโนและระดับโปรตีนในอาหาร

เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานสูง แต่เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนคุณภาพต่ำ กล่าวคือ มีปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารหลายชนิดที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น เมทไธโอนีนและซิสทีน จะมีในระดับค่อนข้างต่ำ (Hutagalung, 1974) จึงทำให้สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้อย่างเต็มที่หรืออาจใช้ประโยชน์ได้น้อยมาก เมื่อมีการใช้มันสำปะหลังในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียว นั้น จะมีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตต่าง ๆ ของสัตว์ปีก เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบโปรตีนที่ได้จากพืชซึ่งมักมีคุณภาพต่ำกว่าโปรตีนจากสัตว์ เพราะความสามารถย่อยได้ของโปรตีนจากพืชจะต่ำและสัดส่วนของกรดอะมิโนจำเป็นขาดความสมดุลทำให้ไม่สามารถนำกรดอะมิโนไปใช้สร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อการเจริญเติบโตได้ อีกทั้งคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน (biological value) ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน นอกจากนั้นกรดอะมิโนเมทไธโอนีนยังมีผลทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้สุทธิของโปรตีนเพิ่มขึ้น และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โปรตีนที่ได้จากพืชมีคุณภาพต่ำอาจเป็นผลเนื่องมาจากสารพิษซึ่งจะขัดขวางการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนโดยที่ภายในพืชจะนำกรดอะมิโนมาใช้ในการลดพิษ (detoxification) (Church, 1979)

ดังนั้นการใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ปีกที่ระดับสูงจึงจำเป็นต้องปรับระดับกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมให้เพียงพอต่อความต้องการ กล่าวคือ ในอาหารผสมที่ใช้มันสำปะหลังระดับสูง ควรทำการเสริมวัตถุดิบอาหารแหล่งโปรตีนสูง และ/หรือควรเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ลงในสูตรอาหาร เพื่อชดเชยกรดอะมิโนส่วนที่ขาดให้สมดุลและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายสัตว์ปีก (อุทัย, 2529; Enriquez and Ross, 1967) ซึ่งส่วนใหญ่มักนิยมเสริมทั้งวัตถุดิบโปรตีนสูงและกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ร่วมกัน เพราะสามารถลดต้นทุนได้ดีกว่าการเสริมวัตถุดิบชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว ส่วนในกรณีการเสริมวัตถุดิบแหล่งโปรตีนสูงในอาหารผสมที่ใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว จะต้องเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนคุณภาพดีที่มีปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนสมดุล เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น เป็นต้น และต้องปรับโภชนะต่าง ๆ ที่จำเป็นในอาหารให้ครบถ้วนและสมดุลเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายสัตว์ (Preston and Murgueitio, 1992; Nhu Phuc *et al.*, 1995) ถึงแม้ว่าปลาป่นจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงอีกทั้งเป็นโปรตีนคุณภาพดีด้วยแต่ปลาป่นมักมีปัญหาเรื่องการปลอมปนค่อนข้างสูงจึงเป็นการเสี่ยงอย่างมากที่จะใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหาร และที่สำคัญอีกประการคือปลาป่นมีราคาแพงมาก ฉะนั้นการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนหลักใน

สูตรอาหารจะดีกว่า ทั้งนี้เพราะกากถั่วเหลืองมีคุณภาพโปรตีนค่อนข้างสม่ำเสมอมากกว่าปลาป่น อีกทั้งมีราคาถูกกว่า (อมรรัตน์, 2517; Khajareem *et al.*, 1977) ทั้งนี้อุทัยและสุกัญญา (2547) รายงานว่าการปรับมันสำปะหลังให้มีคุณค่าเท่ากับข้าวโพด อาจทำได้โดยการผสมมันสำปะหลัง (มันบด) กับกากถั่วเหลืองและกรดอะมิโนสังเคราะห์เพื่อยกระดับโปรตีนและกรดอะมิโนในมันเส้นให้เทียบเท่ากับข้าวโพด ซึ่งอาจทำได้หลายรูปแบบดังนี้

#### **มันสำปะหลังปรับโปรตีน คุณค่าทางอาหารเท่ากับข้าวโพด 1 กก. แบบที่ 1**

มันเส้น 0.87 กิโลกรัม+กากถั่วเหลือง 0.13 กิโลกรัม+ดีแอล-เมทไธโอนีน 0.001 กิโลกรัม  
= ข้าวโพด 1 กก.

#### **มันสำปะหลังปรับโปรตีน คุณค่าทางอาหารเท่ากับข้าวโพด 1 กก. แบบที่ 2**

มันเส้น 0.85 กิโลกรัม+กากถั่วเหลือง 0.13 กิโลกรัม+น้ำมันรำ 0.02 กิโลกรัม+ดีแอล-เมทไธโอนีน 0.001 กก.  
= ข้าวโพด 1 กก.

#### **มันสำปะหลังปรับโปรตีน คุณค่าทางอาหารเท่ากับข้าวโพด 1 กก. แบบที่ 3**

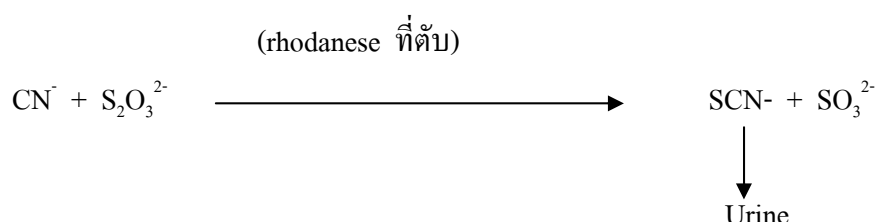
มันเส้น 0.87 กิโลกรัม+ถั่วเหลืองเอ็กทรา 0.15 กิโลกรัม+ดีแอล-เมทไธโอนีน 0.001 กิโลกรัม  
= ข้าวโพด 1 กก.

องค์ประกอบทางโภชนาและราคาของมันสำปะหลังปรับโปรตีนทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับข้าวโพดได้แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งมันสำปะหลังที่ปรับโปรตีนทั้งหมดนี้มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าข้าวโพดและธัญพืชอื่น ๆ จึงทำให้อาหารสัตว์ที่ใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารไม่ขาดกรดอะมิโนไลซีน

จากตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนการเสริมวัตถุดิบอาหารโปรตีนคุณภาพดี เช่น เสริมกากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเอ็กทรา ในระดับเหมาะสมที่ให้คุณค่าทางโภชนาต่าง ๆ ทัดเทียมกับข้าวโพดซึ่งมักนิยมใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์ปีก นอกจากนี้ Olson *et al.*

(1969a) แนะนำว่าการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหาร โดยไม่มีผลกระทบต่อระดับโปรตีนและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมกระทำได้โดยใช้มันสำปะหลัง 7.5 ส่วน กากถั่วเหลืองและไขมันสัตว์/น้ำมันพืชอัตรา 1.5 และ 1 ส่วน ตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดได้ในอัตรา 10 ส่วน

การเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนลงในสูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลัง นอกจากจะช่วยลดเซปปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนที่ขาดให้เกิดความสมดุลแล้ว ยังเป็นตัวช่วยลดพิษจากกรดไฮโดรไซยานิกในมันสำปะหลังได้อีกด้วย (Enriquez and Ross, 1967; Ross and Enriquez, 1969) กล่าวคือ เมทไธโอนีนจะเป็นตัวให้ thiol-group (-SH) และไทโอซัลเฟต (thiosulfate;  $S_2O_3^{2-}$ ) ซึ่งเป็นสารประเภทที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulfur containing compound) เมื่อไทโอซัลเฟตไปทำปฏิกิริยากับไซยาไนด์จะได้ไทโอไซยาเนต (thiocyanate; SCN) ซึ่งสามารถขับถ่ายออกทางปัสสาวะได้ (Nartey, 1973; Devlin, 1982) (ภาพที่ 3) โดยกิจกรรมของเอนไซม์โรดานีส (rhodanese) จากตับและสารประกอบไทโอซัลเฟตเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการกำจัดพิษ ดังนั้นการช่วยเพิ่มปริมาณกำมะถันโดยการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์หรือเสริมโซเดียมไทโอซัลเฟต ( $Na_2SO_4$ ) จะช่วยกำจัดสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในร่างกายสัตว์ออกไปได้ (Adegbola, 1977) จึงกล่าวได้ว่าความสามารถในการกำจัดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณกำมะถันในร่างกายและในอาหารสัตว์ที่มีการเสริมลงไป (Oke, 1973) ขณะที่ Montgomery (1969) ให้ความเห็นว่าไซยาไนด์ที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายสัตว์เมื่อนำไปกำจัดพิษออกนอกร่างกายจะถูกทำลายพิษโดยเปลี่ยนเป็นไทโอไซยาเนตซึ่งเป็นสารที่ไม่เป็นพิษและก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายสัตว์ ส่วนกระบวนการในการกำจัดพิษจากกรดไฮโดรไซยานิกได้จะต้องใช้กำมะถันด้วย โดยอาจได้จากเมทไธโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบก็ได้



**ภาพที่ 3** การกำจัดไซยาไนด์โดยอาศัยเอนไซม์โรดานีส

ที่มา: Nartey (1973)

**ตารางที่ 5** องค์ประกอบทางโภชนาและราคาของข้าวโพด เปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ปรับ  
โปรตีนเทียบเท่าข้าวโพดแบบต่าง ๆ

|                           | ข้าวโพด  | มันสำปะหลัง  |              |              |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
|                           |          | ปรับโปรตีน 1 | ปรับโปรตีน 2 | ปรับโปรตีน 3 |
| ข้าวโพด                   | 1.00     | -            | -            | -            |
| มันเส้น                   | -        | 0.87         | 0.845        | 0.85         |
| กากถั่วเหลือง             | -        | 0.13         | 0.13         | -            |
| ถั่วเหลืองเอ็กทรา         | -        | -            | -            | 0.15         |
| น้ำมันรำ                  | -        | -            | 0.025        | -            |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน          | -        | 0.001        | 0.001        | 0.001        |
| ราคา (บาท/กิโลกรัม)       | 5.50     | 3.98         | 4.35         | 4.59         |
| <b>องค์ประกอบทางโภชนา</b> |          |              |              |              |
| โปรตีน(เปอร์เซ็นต์)       | 8.00     | 7.50         | 7.50         | 7.50         |
| พลังงานในสุกร             |          |              |              |              |
| (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)   | 3,300.00 | 3,251.00     | 3,390.00     | 3,302.00     |
| พลังงานในสัตว์ปีก         |          |              |              |              |
| (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)   | 3,370.00 | 3,348.00     | 3,479.00     | 3,469.00     |
| ไขมัน                     | 3.50     | 0.72         | 3.20         | 3.39         |
| เยื่อใย                   | 2.50     | 4.12         | 4.03         | 3.90         |
| แคลเซียม                  | 0.01     | 0.14         | 0.13         | 0.14         |
| ฟอสฟอรัส                  | 0.30     | 0.20         | 0.20         | 0.22         |
| ไลซีน                     | 0.25     | 0.43         | 0.43         | 0.44         |
| เมทไธโอนีน+ซิสตีน         | 0.39     | 0.31         | 0.31         | 0.31         |
| ทริปโตเฟน                 | 0.09     | 0.09         | 0.09         | 0.10         |
| ทรีโอนีน                  | 0.32     | 0.28         | 0.28         | 0.32         |

**หมายเหตุ** ราคาวัตถุดิบ (บาทต่อกิโลกรัม) เมื่อเดือนพฤษภาคม 2546

ข้าวโพด 5.50, มันเส้นสะอาด 3.00, กากถั่วเหลือง 9.50, ถั่วเหลืองเอ็กทรา 12.70,  
น้ำมันรำ 18.00, ดีแอล-เมทไธโอนีน 135 บาท

ที่มา: อุทัย และสุกัญญา (2547)

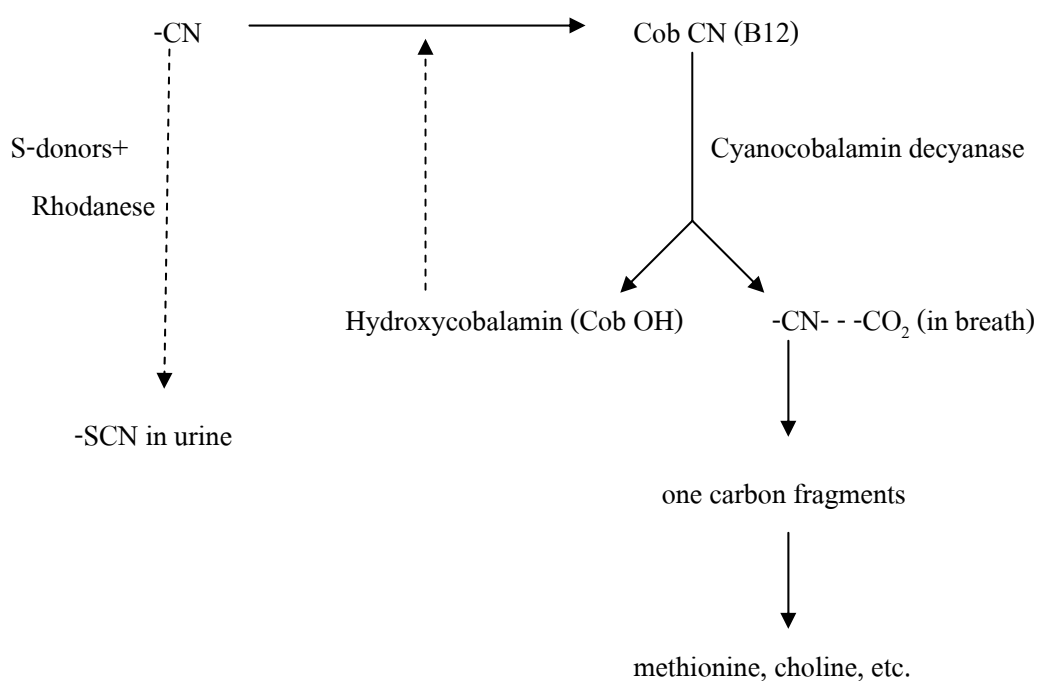
### 3. การลดความเป็นฝุ่นในอาหาร

เนื่องจากมันสำปะหลังก่อนการนำมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ต้องทำการบดให้ละเอียดก่อนเพื่อให้สามารถผสมเข้ากับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ได้ ซึ่งแป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อนและมีไขมันน้อย ดังนั้นสูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังในระดับสูงจะทำให้อาหารผสมที่ได้มีลักษณะเป็นฝุ่นมากและมีความฟุ้งสูงทำให้สัตว์เกิดการระคายเคืองระบบหายใจ อีกทั้งลดความน่ากินของอาหาร ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลงและสัตว์ยังต้องกินน้ำมาก อุจจาระเหลว (อุทัย, 2529) ปัญหาดังกล่าวนี้สามารถแก้ไขได้โดยวิธีการอัดเม็ดอาหาร การเสริมกากน้ำตาล หรือการเสริมไขมันลงในอาหารผสม การอัดเม็ดอาหารนอกจากจะสามารถลดความเป็นฝุ่นทำให้อาหารแน่นขึ้นแล้วยังทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น (อุทัย, 2529; Khajareern, 1975/76 a, Chou and Muller, 1972) ขณะที่การเสริมกากน้ำตาลลงในสูตรอาหารประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถช่วยลดความเป็นฝุ่นได้ อีกทั้งกากน้ำตาลยังมีกลิ่นหอมและยังทำให้รสชาติอาหารดีขึ้น สัตว์กินอาหารได้มาก สำหรับวิธีการผสมกากน้ำตาลลงในอาหารอาจทำได้โดยใช้กากน้ำตาลผสมเข้ากับวัตถุดิบอาหารบางส่วนให้เข้ากันก่อนจึงทำการผสมกลับเข้าไปในสูตรอาหาร หรือการติดตั้งระบบสเปรย์กากน้ำตาลเข้าเครื่องผสมในกรณีใช้เครื่องผสมแบบถังตั้ง ส่วนการใช้เครื่องผสมแบบถังนอนทำได้โดยเทหรือราดกากน้ำตาลลงในถังผสมขณะกำลังผสมอาหารได้โดยตรง

สำหรับการเสริมไขมันลงในอาหารผสมที่มีการใช้มันสำปะหลังจะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารทำให้อาหารแน่นขึ้นและมีกลิ่นหอมชวนกินทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นเช่นเดียวกับการเสริมกากน้ำตาล ซึ่งไขมันที่ใช้ อาจจะเป็นไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืชก็ได้ แต่มักนิยมใช้น้ำมันพืชเนื่องจากการใช้ไขมันสัตว์มีแนวโน้มทำให้ไขมันในซากเป็นชนิดมันแข็งได้ ซึ่งถ้าใช้น้ำมันพืชโดยเฉพาะน้ำมันรำจะช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว เพราะในมันสำปะหลังมีปริมาณไขมันต่ำโดยเฉลี่ยประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวอีกด้วย ในทำนองเดียวกันสาโรชและเขวมาลย์ (2528) ให้ความเห็นว่า การใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่ที่ระดับสูงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปควรเสริมไขมันที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ลงในสูตรอาหาร ส่วน Olson *et al.* (1969a) กล่าวว่า นอกจากการเสริมกากถั่วเหลืองในอาหารที่ใช้มันสำปะหลังจะเป็นการปรับสมดุลระหว่างโปรตีนและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ให้เพียงพอต่อความต้องการของไก่กระທงแล้ว การเสริมไขมันสัตว์ลงในสูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังร่วมด้วยก็เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยปรับสมดุลระหว่างโปรตีนและพลังงานใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน

#### 4. การเสริมแร่ธาตุและวิตามิน

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีแร่ธาตุสูง แต่อาจมีจำนวนไม่ครบตามความต้องการของสัตว์ ในขณะที่ปริมาณวิตามินในมันสำปะหลังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเสริมแร่ธาตุและวิตามินสังเคราะห์ลงไปในสูตรอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการ Oke (1973) กล่าวว่า การเสริมวิตามินบี 12 ลงในสูตรอาหารที่มีมันสำปะหลัง นอกจากเพื่อชดเชยส่วนที่ขาดแล้ว วิตามินบี 12 ที่มีอยู่หรือเสริมลงไปในการยังช่วยให้ร่างกายสัตว์สามารถจัดสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคออกจากร่างกายได้อีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยหมู่ไซยาไนด์จะรวมตัวกันกับไฮดรอกซีโคบาลามีน (hydroxycobalamine; CobOH) ที่ตับได้เป็นสารประกอบไซยาโนโคบาลามีน (cyanocobalamine; CobCN) หรือวิตามินบี 12 จากนั้นจะถูกเอนไซม์ไซยาโนโคบาลามีนดีไซนาเนส (cyanocobalamine-decyanase) เปลี่ยนเป็นไฮดรอกซีโคบาลามีนกับไซยาไนด์ (-CN) ซึ่งเกิดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ไปทางลมหายใจและให้คาร์บอนหนึ่งอะตอม (one carbon fragments) ในการนำไปสร้างกรดอะมิโนเมทไธโอนีน โคลีน และอื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นการเสริมวิตามินบี 12 ลงในอาหาร ทำให้ไฮดรอกซีโคบาลามีนที่ตับสูงขึ้น จากนั้นไฮดรอกซีโคบาลามีนจะเป็นตัวจับกับไซยาไนด์ จึงเป็นการลดความเป็นพิษของไซยาไนด์ได้เช่นกัน



**ภาพที่ 4** การใช้ประโยชน์และการกำจัดไซยาไนด์จากร่างกาย

ที่มา: Oke (1973)

## 5. การเสริมสารให้สี

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีสีขาวและปราศจากสารให้สี (pigment) ซึ่งได้แก่สารประเภทแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสารแซนโทฟิลล์ (xanthophylls) ดังนั้นสูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังจึงมีปริมาณสารให้สีรวมทั้งสารแซนโทฟิลล์น้อยตามไปด้วย เมื่อมีการนำมันสำปะหลังมาใช้ในอาหารไก่กระตังและไก่ไข่ซึ่งต้องการสารแซนโทฟิลล์ในอาหารเพื่อใช้สะสมเป็นสารสีเหลืองที่ผิวหนังไก่กระตังหรือสารสีเหลืองออกแดงในไข่แดงของไข่ไก่ จึงจำเป็นต้องมีการเสริมสารแซนโทฟิลล์ในสูตรอาหารสัตว์ปีกที่ใช้มันสำปะหลังในระดับสูง เพื่อให้อาหารมีปริมาณสารให้สีเพียงพอแก่ความต้องการ ถ้าหากให้ไก่กระตังและไก่ไข่ ได้รับอาหารที่มีสารแซนโทฟิลล์น้อยกว่าความต้องการหรือไม่มีการให้สารแซนโทฟิลล์เพิ่มในอาหารจะมีผลทำให้สีผิวหนังในซากไก่กระตังซีดและไข่มันขาวขณะที่ไข่ไก่ให้ไข่แดงมีสีซีด ทั้งนี้เนื่องจากภายในร่างกายของสัตว์ปีกไม่สามารถสังเคราะห์สารแซนโทฟิลล์ขึ้นมาเองได้ (Fox and Ververs, 1960) โดยทั่วไปอุตสาหกรรมการผลิตไข่ไก่จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับสีของไข่แดง ซึ่งมักนิยมและพึงพอใจสีไข่แดงที่มีสีเหลืองอมส้ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่แต่ละประเทศที่จะนิยมสีของไข่แดงแตกต่างกันออกไป

สารให้สีที่ใช้ในอาหารสัตว์ได้มาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ สารให้สีจากธรรมชาติและสารให้สีจากการสังเคราะห์ ซึ่งสารให้สีจากธรรมชาติพบได้ทั้งในพืชสีเขียวหรือสีเหลือง และในสัตว์น้ำ พืชที่เป็นแหล่งสารให้สีโดยเฉพาะสารแซนโทฟิลล์ที่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปจะให้สารให้สีเหลืองและสีแดงอมส้ม ได้แก่ ดอกดาวเรือง และพบในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น พืชตระกูลหญ้า ใบกระถิน ใบมันสำปะหลังป่น สาหร่าย เมล็ดข้าวโพด ยีสต์บางชนิด เป็นต้น สำหรับแหล่งสารแคโรทีนอยด์ที่เป็นสารให้สีจากสัตว์ เช่น ขนนกบางชนิด (นกฟลามิงโก) และส่วนเปลือกของสัตว์น้ำพวกครัสเตเชีย ได้แก่ ปู กุ้งทะเล และแกลบกุ้ง เป็นต้น (Belyavin and Marangos, 1980; Latacha, 1990) ส่วนอีกแหล่งคือสารแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ (synthetic carotenoids หรือ synthetic pigments) ในปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่คือ สารกลุ่มอะโปแคโรทีนิกแอซิดเอทิลเอสเทอร์ ( $\beta$ -apo-8'-carotenoid acid ethyl ester) สารกลุ่มแคนธาแซนทีน (canthaxanthin) สารกลุ่มซิทรานาแซนทีน (citraxanthin) และสารกลุ่มแอสทาแซนทีน (astaxanthin) โดยมีชื่อทางการค้าว่าแคโรฟิลล์ (Carophyll) มี 4 ชนิดด้วยกัน คือ แคโรฟิลล์สีเหลือง (Carophyll Yellow) แคโรฟิลล์สีแดง (Carophyll Red) แคโรฟิลล์สีส้ม (Carophyll Orange) และแคโรฟิลล์สีชมพู (Carophyll Pink) แต่ที่นิยมนำไปใช้เพื่อเพิ่มระดับสีของไข่แดงและสีผิวของไก่กระตัง คือ แคโรฟิลล์สีเหลือง แคโรฟิลล์สีแดงและแคโรฟิลล์สีส้ม (Belyavin and Marangos, 1980)

Enriquez and Ross (1972); Phalaraksh *et al.* (1977) รายงานว่า การเสริมสารแซนโทฟิลล์สังเคราะห์ที่อัตรา 3 กรัมต่อ 100 กิโลกรัม ในอาหารไก่ไข่ระยะวางไข่ที่ใช้มันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปรากฏว่าระดับสีไข่แดงของไข่ไก่ที่ได้จากไก่ที่กินอาหารมันสำปะหลังไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่ได้จากไก่กินสูตรอาหารข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก และการเสริมสารแคโรทีลล์สีส้มอัตรา 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอาหารที่ใช้มันสำปะหลังระดับ 52 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จึงจะไม่มีผลกระทบต่อระดับสีของไข่แดงและมีผลทำให้สีของไข่แดงไม่แตกต่างกันกับไข่ไก่ที่ได้รับอาหารควบคุมที่ใช้ข้าวโพด ( $P>0.05$ )

### การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่ไข่

สุภาพร และอรทัย (2527) ทำการศึกษาการใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ที่ระดับต่าง ๆ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และปรับคุณค่าทางโภชนาให้มีโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกสูตร ปรากฏว่าความหนาของเปลือกไข่และสีของไข่แดงมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในทุกสูตรอาหาร ส่วนปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล อัตราการผลิตไข่ เปอร์เซ็นต์การตาย น้ำหนักไข่ ความถ่วงจำเพาะของไข่ และค่าฮอฟฟ์ยูนิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เช่นเดียวกับรายงานของ Vogt (1965) ที่พบว่าการใช้มันเส้นสามารถใช้ได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไข่โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และพบว่าระดับโปรตีนในอาหารจะเป็นตัวกำหนดสมรรถภาพการผลิตกล่าวคือ ถ้าลดระดับโปรตีนในสูตรอาหารลงจะทำให้อัตราการผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหลเพิ่มขึ้น

สุวรรณิ (2543) ศึกษาการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลปรากฏว่าการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน เปอร์เซ็นต์การตายของไก่ไข่ รวมทั้งคุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักฟองไข่ ความหนาของเปลือกไข่ ค่าฮอฟฟ์ยูนิตไม่แตกต่างจากไก่ไข่ที่ได้รับอาหารสูตรใช้ข้าวโพดแต่ประการใด ( $P>0.05$ ) ในด้านสีของไข่แดงพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับสูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังที่ระดับต่าง ๆ มีระดับค่าคะแนนสีของไข่แดงต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P<0.01$ ) เมื่อเพิ่มระดับมันสำปะหลังในสูตรอาหาร และไก่ไข่ที่กินอาหารผสมใช้มันสำปะหลังมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ต่ำกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารใช้ข้าวโพด

Enriquez and Ross (1972) ทดลองใช้มันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักในอาหารไก่ไข่อายุ 6-20 สัปดาห์และ 20-48 สัปดาห์ ปรากฏว่าการใช้มันสำปะหลัง 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ไม่มีผลทำให้การเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่ไข่อายุ 6-20 สัปดาห์ แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีการใช้ข้าวโพดเป็นหลัก ( $P>0.05$ ) ส่วนการใช้มันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารด้อยกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.01$ ) แต่เปอร์เซ็นต์การตายของไก่ไข่แต่ละกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ( $P>0.05$ ) ในขณะที่ผลของการใช้มันสำปะหลังในอาหารแม่ไก่ระยะวางไข่ช่วงอายุ 22-28 สัปดาห์ที่ระดับ 0, 10, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ เปอร์เซ็นต์การตาย และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ของแม่ไก่ในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ส่วนคุณภาพไข่ คือ ความหนาของเปลือกไข่ ค่าสอฟูนิตของแม่ไก่ในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ( $P>0.05$ ) แต่พบว่าคุณค่าเฉลี่ยของค่าสอฟูนิตที่ได้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่ระดับสีไข่แดงของแม่ไก่ในกลุ่มทดลองใช้มันสำปะหลังในอาหารระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของระดับสีไข่แดงต่ำกว่าทุกกลุ่มทดลอง

Phalaraksh *et al.* (1977) รายงานว่ามันสำปะหลังสามารถใช้ในอาหารไก่ไข่ช่วงอายุ 7-15 สัปดาห์ได้ ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนไก่ไข่อายุ 16-20 สัปดาห์สามารถใช้มันสำปะหลังได้ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งการใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ทั้ง 2 ระดับทั้ง 2 ช่วงอายุนี้ ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่ไข่แต่อย่างใด ( $P>0.05$ ) ในขณะที่แม่ไก่ระยะวางไข่ อายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไปสามารถใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารได้ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพของฟองไข่ สอดคล้องกับ รณชัย (2530) ที่แนะนำว่าไก่พันธุ์ไข่ อายุ 0-7 และ 7-20 สัปดาห์ สามารถใช้มันสำปะหลังทดแทนธัญพืชในอาหารได้ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ และไก่ไข่ระยะวางไข่ (22-62 สัปดาห์) ใช้มันสำปะหลังทดแทนได้ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่เช่นกัน นอกจากนี้ Phalaraksh *et al.* (1977) ยังได้ทดลองศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ในช่วงอายุ 20-60 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับการใช้วัตถุดิบแหล่งพลังงานต่าง ๆ ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปลายข้าว และข้าวฟ่าง ซึ่งมีปริมาณการใช้ในอาหารเท่ากับ 50, 43, 43 และ 43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล และน้ำหนักของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารใช้มันสำปะหลัง ไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มที่ใช้วัตถุดิบแหล่งพลังงานอื่น ๆ คือ ข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวฟ่าง ( $P>0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้มันสำปะหลัง

เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารไก่ไข่อายุ 20-60 สัปดาห์ มีค่าสอ์ฟูนิตและความหนาของเปลือกไข่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ใช้ข้าวโพด ปลายข้าว และข้าวฟ่างเป็นแหล่งพลังงานหลัก ขณะที่ไก่ไข่ในกลุ่มทดลองที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลัก มีเปอร์เซ็นต์การตายต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ

### ผลผลิตของใบมันสำปะหลัง

ใบมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง ซึ่งมีเป็นปริมาณมากและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย โดยน้ำหนักใบมันสำปะหลังจะมีปริมาณประมาณ 10-40 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Khajareern *et al.* , 1977) เมื่ออายุมากขึ้นมันสำปะหลังจะมีส่วนของใบลดลง โดยเมื่ออายุประมาณ 4 เดือน จะมีอัตราส่วนก้านและกิ่งประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์ ใบ 36 เปอร์เซ็นต์ ก้านและยอดประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าอายุประมาณ 12 เดือน จะมีอัตราส่วนของต้นและกิ่งประมาณ 81 เปอร์เซ็นต์ ใบ 7 เปอร์เซ็นต์ และก้านใบ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะให้ผลผลิตสดทั้งต้นและใบประมาณ 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ (Montaldo, 1977)

### คุณค่าทางโภชนาการของใบมันสำปะหลัง

ใบมันสำปะหลังสดทั่วไปมีความชื้นอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับไซยาไนด์อยู่สูงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพยังสดอยู่ อย่างไรก็ตามใบมันสำปะหลังแห้งโดยการผึ่งแดด 2-3 แดด หรือทำการอบแห้งให้ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถลดระดับไซยาไนด์ในใบมันสำปะหลังให้ต่ำลงและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ ใบมันสำปะหลังแห้งจึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี โดยไม่เพียงแต่เป็นแหล่งของโปรตีนและเยื่อใยในสูตรอาหารเท่านั้นแต่ยังเป็นแหล่งให้สารสีหรือสารแซนโทฟิลล์ในอาหารสัตว์อีกด้วย คุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีของใบมันสำปะหลังตากแห้งแสดงในตารางที่ 6 ใบมันสำปะหลังอาจจัดอยู่ในวัตถุดิบอาหารที่ให้โปรตีน สารสี และเยื่อใย เจริญศักดิ์ และคณะ (2531) ได้รายงานถึงระดับโปรตีนในใบมันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทย 13 สายพันธุ์ พบว่ามีโปรตีนในช่วง 21.6-25.3 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าโปรตีนในใบมันสำปะหลังนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมันสำปะหลัง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ย และอายุการเก็บเกี่ยว และพบว่าโปรตีนในใบมันสำปะหลังมีกรดอะมิโนไลซีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่ขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีน เมื่อเทียบกับคำแนะนำจาก FAO แม้ว่าใบมันสำปะหลังสดมีระดับของความเป็นพิษของไซยาไนด์สูง แต่เมื่อนำมาผ่าน

กระบวนการทำให้แห้งโดยการผึ่งแดด จะสามารถลดระดับสารไซยาไนด์ลงเหลือประมาณ 30 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ทำให้เป็นพิษกับตัวสัตว์

เยาวมาลย์ และคณะ (2529) ได้รวบรวมการวิเคราะห์อาหารในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าไบมันสำปะหลังแห้งมีความชื้น 7.74 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 25.00 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.25 เปอร์เซ็นต์ กาก 18.00 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.50 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 2.56 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.28 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Khajareem *et al.*, (1977) ได้สรุปว่า ไบมันสำปะหลังมีโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 25.8-27.3 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.6-10.5 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.7-8.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.8-7.9 และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 50.0-51.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งโดยจะแตกต่างไปตามพันธุ์ ทั้งนี้โชติ (2526) ได้วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในไบมันสำปะหลังอบแห้งใบที่ 3, 4, 5 นับจากยอด พบว่ามีแร่ธาตุสำคัญคือ ไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน และแมกนีเซียม เท่ากับ 5.20 เปอร์เซ็นต์ 1.70 เปอร์เซ็นต์ 1.10 เปอร์เซ็นต์ 0.50 เปอร์เซ็นต์ 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ไบมันสำปะหลังยังประกอบด้วยวิตามินเอ บี 1 และบี 2 สูง คือ ใน 100 กรัม ไบมันสำปะหลังสดมีวิตามินเอ 10,000 IU. บี 1 เท่ากับ 0.16 มิลลิกรัม และบี 2 เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัม ตามลำดับ (เจริญศักดิ์, 2519) เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอาหารโปรตีนอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า ไบมันสำปะหลังมีระดับโปรตีนสูงประมาณครึ่งหนึ่งของแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 7

Adrian and Peyrot (1971) ได้ศึกษาค้นคว้าการใช้ไบมันสำปะหลังในโภชนาการของคน พบว่าไบมันสำปะหลังแห้งประกอบไปด้วยเยื่อใย 20 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่ได้นี้มีเมทไธโอนีนต่ำแต่มีไลซีนอยู่ในปริมาณสูงกว่าและยังมีทริปโตเฟนและกรดอะมิโนที่จำเป็นอื่น ๆ อีก ซึ่งสอดคล้องกับ Eggum (1970) ที่ได้ทำการวิจัยคุณภาพของโปรตีนในไบมันสำปะหลังและได้ผลสรุปออกมาว่า ปริมาณโปรตีนในไบมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีความเข้มข้นของกรดอะมิโนในระดับเพียงพอยกเว้นเมทไธโอนีนเท่านั้นที่ยังไม่อยู่ในระดับเพียงพอ การเสริมเมทไธโอนีนลงไปในการผสมที่มีไบมันสำปะหลังมีผลทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 49 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไบมันสำปะหลังมีเมทไธโอนีนที่เป็นประโยชน์น้อยไม่เพียงพอกับความต้องการ จากการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนพบว่ามีเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ของเมทไธโอนีนเท่านั้นที่ใช้ประโยชน์ได้

**ตารางที่ 6** โภชนะและกรดอะมิโนของไบมันสำปะหลัง

| โภชนะ                                        | เปอร์เซ็นต์ <sup>1/</sup> | กรดอะมิโน   | เปอร์เซ็นต์ (ในโปรตีน) <sup>2/</sup> |
|----------------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------------------------|
| ความชื้น                                     | 9.28                      | ไลซีน       | 6.77                                 |
| โปรตีนรวม                                    | 23.10                     | เมทไธโอนีน  | 1.68                                 |
| โปรตีนจริง                                   | 20.02                     | ทรีโพรไทน์  | 1.77                                 |
| เยื่อใย                                      | 21.11                     | ทรีโอนีน    | 4.83                                 |
| ไขมัน                                        | 7.24                      | ลิวซีน      | 8.87                                 |
| เถ้า                                         | 5.72                      | ไอโซลิวซีน  | 4.93                                 |
| คาร์โบไฮเดรต                                 | 33.53                     | อาร์จินีน   | 5.70                                 |
| แคลเซียม                                     | 0.99                      | เฟนิลอลานีน | 5.68                                 |
| ฟอสฟอรัส                                     | 0.73                      | ฮิสติดีน    | 2.40                                 |
| กรดไฮโดรไซยานิก (พีพีเอ็ม)                   | 30.50                     | แวลีน       | 5.66                                 |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้<br>(แคลอรีต่อกิโลกรัม) | 2,123.82                  |             |                                      |

ที่มา: <sup>1/</sup> นรินทร์ (2520)

<sup>2/</sup> ดัดแปลงจาก Rogers และ Milner (1963)

**ตารางที่ 7** ผลการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์

| วัตถุดิบ      | องค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์) |        |       |       |       |          |          |
|---------------|----------------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|
|               | ความชื้น                         | โปรตีน | ไขมัน | กาก   | เถ้า  | แคลเซียม | ฟอสฟอรัส |
| ปลาป่น        | 8.26                             | 55.30  | 6.80  | 0.60  | 27.30 | 9.80     | 2.30     |
| กากถั่วเหลือง | 9.36                             | 46.20  | 5.30  | 7.40  | 8.80  | 0.24     | 0.55     |
| กากถั่วลิสง   | 10.18                            | 42.60  | 9.90  | 14.30 | 10.60 | 0.56     | 0.58     |
| ไบมันสำปะหลัง | 7.74                             | 25.00  | 7.28  | 18.00 | 7.50  | 2.56     | 0.28     |
| ไบปอ          | 9.37                             | 12.52  | 4.23  | 12.12 | 8.11  | 2.12     | 0.20     |
| ไบกระถิน      | 6.51                             | 12.77  | 1.68  | 20.90 | 34.91 | 1.075    | 2.212    |

ที่มา: เขาวมาลย์ และคณะ (2529)

Ramos-Ledon and Popenoe (1970) ได้ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของ มันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ที่ใช้ปลูกและพันธุ์ที่แนะนำให้ปลูกแล้วรายงานว่ ปริมาณโปรตีนใน ใบมันสำปะหลังจำนวน 11 พันธุ์อยู่ในระหว่าง 6.29-8.3 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดเมื่อพืชมีอายุ ได้ 4 เดือนหลังจากปลูก และปริมาณโปรตีนจะลดลงในระยะพืชสร้างหัว ค่าเฉลี่ยของปริมาณ โปรตีนในใบมันสำปะหลังของบางพันธุ์ที่ทำการศึกษาคพบว่าอยู่ระหว่าง 2.92-7.76 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ส่วน Foo and Chew (1972) ได้พบว่าใบอ่อนของมันสำปะหลังประกอบด้วย โปรตีน 6.2 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

Montaldo (1977) ได้กล่าวถึงการใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ว่า ใบมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และวิตามินต่าง ๆ ใบมันสำปะหลังสดมี โปรตีน 7.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ใบมันสำปะหลังแห้งจะมีโปรตีน 25.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใบมันสำปะหลัง ผสมรวมก้านใบ ลำต้นแห้ง มีโปรตีน 17.2 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับถั่วอัลฟัลฟ่าแห้งซึ่งมี โปรตีน 17.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มันสำปะหลังให้ผลผลิตใบแห้งสูงกว่าในเนื้อที่เท่ากัน นอกจากนั้น มันสำปะหลังยังมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพืชในเขตร้อนชนิดอื่น ๆ ที่ปลูกอยู่ในสภาพเช่นเดียวกัน สำหรับคาร์โบไฮเดรตนั้นมีค่าเฉลี่ยในใบมันสำปะหลังสด 11.4 เปอร์เซ็นต์ หรือในใบแห้ง 46.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่มีนั้นอยู่ในรูปของแป้งโดยพบว่ามีปริมาณ amylose อยู่ถึง 19-24 เปอร์เซ็นต์

### ข้อจำกัดในการใช้ใบมันสำปะหลัง

ถึงแม้ว่าใบมันสำปะหลังแห้งจะเป็นวัตถุดิบอาหารที่ทำได้ง่าย ราคาถูก และมีระดับโปรตีน สูงก็ตาม แต่ใบมันสำปะหลังก็มีข้อจำกัดอยู่หลายประการพอสรุปได้ดังนี้

#### **1. การขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด**

ใบมันสำปะหลังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นในอาหาร (essential amino acid) ส่วนใหญ่อยู่ใน สัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ ยกเว้นกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (Ross and Enriquez, 1969; Montaldo, 1977; Eggum, 1970; Adegbola, 1977; Montilla, 1977) ทรีปโตเฟน (Khajareen *et al.*, 1977; Eggum, 1970) ซีสทีน (อาทิตย์, 2527) ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลน สำหรับปริมาณกรด อะมิโนในใบมันสำปะหลังเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองและปลายัน โดยคิดเป็นสัดส่วนต่อโปรตีน ทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าโปรตีนในใบมันสำปะหลังมีสัดส่วนกรดอะมิโนชนิด

ต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากโปรตีนของกากถั่วเหลืองมากนัก โดยที่โปรตีนของไขมันสำปะหลังจะมีลักษณะเช่นเดียวกับโปรตีนของกากถั่วเหลืองกล่าวคือ จะมีสัดส่วนกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและซิสตีนต่ำกว่าสัดส่วนของกรดอะมิโนดังกล่าวในโปรตีนของปลาป่น (Khajareem *et al.*, 1977)

**ตารางที่ 8** ปริมาณกรดอะมิโนในไขมันสำปะหลังเมื่อเทียบกับกากถั่วเหลืองและปลาป่น  
(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโปรตีน)

| รายการ       | ไขมันสำปะหลัง <sup>1/</sup> |           | กากถั่วเหลือง <sup>2/</sup> | ปลาป่น <sup>3/</sup> |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|----------------------|
|              | Jamaican                    | Brazilian |                             |                      |
| อะจินีน      | 5.54                        | 6.49      | 7.41                        | 5.85                 |
| ไกลซีน       | 5.66                        | 5.64      | 5.23                        | 6.59                 |
| ฮิสติดีน     | 2.34                        | 2.71      | 2.39                        | 2.22                 |
| ไอโซลูซีน    | 5.26                        | 5.13      | 5.45                        | 4.10                 |
| ลูซีน        | 9.33                        | 9.38      | 6.97                        | 7.20                 |
| ไลซีน        | 7.56                        | 6.71      | 6.32                        | 7.91                 |
| เมทไธโอนีน   | 1.73                        | 1.81      | 1.52                        | 2.92                 |
| ซิสตีน       | 1.44                        | 1.10      | 1.52                        | 1.03                 |
| ฟีนิลอะลานีน | 6.11                        | 5.86      | 4.79                        | 3.67                 |
| ไทโรซีน      | 4.39                        | 4.17      | 3.27                        | 3.03                 |
| ทรีโอนีน     | 5.17                        | 6.01      | 4.14                        | 4.02                 |
| วาลีน        | 6.02                        | 5.91      | 5.23                        | 5.15                 |

ที่มา: <sup>1/</sup> Adegbola (1977)

<sup>2/</sup> Montoldo (1977)

<sup>3/</sup> คัดแปลงจาก Eggum (1970)

## 2. คุณภาพของโปรตีนของไขมันสำปะหลัง

Eggum (1970) ได้ทดลองเลี้ยงหนูด้วยอาหารในโตรเจน ที่สกัดมาจากโปรตีนของไขมันสำปะหลัง 3 สายพันธุ์ และพบว่าค่าการย่อยได้ (true digestibility) เฉลี่ยของโปรตีนในไขมันสำปะหลังในหนูมีค่าประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ โดยในใบอ่อนจะมีค่าประมาณ 80

เปอร์เซ็นต์ ส่วนในใบจะลดเหลือ 67 เปอร์เซ็นต์ และถ้าใบมันสำปะหลังไปต้มค่าการย่อยได้ก็จะลดต่ำลงเนื่องจากความร้อน ส่วนคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน (biological value) เท่ากับ 44-47 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีความผันแปรสูงโดยขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน โดยถ้าเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนจะทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนเพิ่มจาก 49 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ และถ้าผสมปลาป่นที่มีคุณค่าทางชีวภาพของโปรตีน 78 เปอร์เซ็นต์กับใบมันสำปะหลังในอัตรา 1:1 จะทำให้คุณค่าทางชีวภาพของโปรตีนของอาหารผสมนี้สูงเป็น 73 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ค่าการใช้ประโยชน์ได้สุทธิของโปรตีนทั้งหมด (net protein utilization) จากใบมันสำปะหลังสำหรับหนูจะเท่ากับ 36.4 เปอร์เซ็นต์ และถ้าเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนจะทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้สุทธิของโปรตีนเพิ่มเป็น 58.7 เปอร์เซ็นต์และถ้าผสมปลาป่นอัตรา 1:1 กับใบมันสำปะหลังจะทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนเท่ากับ 56.5 เปอร์เซ็นต์ (Eggum, 1970; Maner and Gomez, 1973)

### 3. สารไซยาโนเจนิกกลูโคไซด์

ในใบมันสำปะหลังมีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง คือ ใบประมาณ 83-873 มิลลิกรัม ในขณะที่เปลือกหุ้มหัวมีกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ 150-1,110 มิลลิกรัม และในเนื้อหัวมันมี 5-490 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม น้ำหนักสด ซึ่งระดับของกรดไฮโดรไซยานิกในส่วนต่าง ๆ นี้จะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (โสภณ, 2526) นอกจากนี้ปริมาณสารพิษในใบและในก้านใบยังแตกต่างกันตามอายุความอ่อนแก่ของใบ โดยทั่วไปปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกลดลงเมื่ออายุของมันสำปะหลังมากขึ้นและก้านใบอ่อนจะมีปริมาณสารพิษสูงกว่าใบอ่อน แต่เมื่ออายุมากขึ้นสารพิษในใบจะมากกว่าก้าน ดังตารางที่ 2

การลดพิษในใบมันสำปะหลังทำได้เช่นเดียวกับหัวมันสำปะหลัง เช่น การหมักจะทำให้สารพิษลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ คือเหลือประมาณ 50 ส่วนในล้านส่วน (พูนสุข, 2526) แต่วิธีที่สะดวกและประหยัดคือ การตากแดดให้แห้ง ซึ่งจะช่วยในการลดพิษและง่ายต่อการเก็บรักษา ทั้งนี้ Devendra (1977) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการตากที่มีต่อปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก (ตารางที่ 9) พบว่าการผึ่งแดดจำเป็นต้องผึ่งแดดอย่างน้อย 1 วันจึงจะสามารถลดพิษลงได้และการอบที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียสจะมีผลในการลดพิษได้ดี (Devendra, 1977) ดังนั้นการนำใบมันสำปะหลังมาเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องผึ่งแดดอย่างน้อย 1-2 แดดจนใบแห้งกรอบ จึงใช้ได้โดยไม่มีผลเสียจากการเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิก อย่างไรก็ตาม Khajareem *et al.* (1977) รายงานว่า การใช้ใบมันสำปะหลังสดที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก 250-300 ส่วนในล้านส่วนเลี้ยงสุกรตั้งแต่

อายุ 8-34 สัปดาห์ ไม่พบรอยโรคที่เกี่ยวข้องกับการเป็นพิษจากกรดไฮโดรไซยานิกเลย เช่นเดียวกับ Lee and Hutagulung (1972) พบว่าการใช้ใบมันสำปะหลังแห้งป่นระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสุกร น้ำหนักเฉลี่ย 13.6 กิโลกรัม ไม่พบสุกรแสดงอาการเป็นพิษจากกรดไฮโดรไซยานิกเช่นกันแต่จะมีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร

#### **ตารางที่ 9 ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก กับระยะเวลาการผึ่งแดดใบมันสำปะหลัง**

| ระยะเวลาการผึ่งแดด<br>(ชั่วโมง)  | กรดไฮโดรไซยานิก<br>(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| 2                                | 470                                       |
| 4                                | 475                                       |
| 6                                | 470                                       |
| 8                                | 445                                       |
| 10                               | 324                                       |
| มากกว่า 24 (อบที่อุณหภูมิ 36 C°) | 120                                       |

ที่มา: Bruijn (1973)

#### **4. ปริมาณเยื่อใยในใบมันสำปะหลัง**

ใบมันสำปะหลังจะมีระดับเยื่อใยค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ โดยจะมีเยื่อใยประมาณ 10-18 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างไปตามพันธุ์และความอ่อนแก่ของใบ (Eggum, 1970) ระดับเยื่อใยในอาหารที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้การย่อยได้ในโคชนะอื่น ๆ ลดลงได้ ดังนั้นระดับเยื่อใยในใบมันสำปะหลังจึงเป็นตัวจำกัดการใช้ประโยชน์ได้ของใบมันสำปะหลังและโคชนะอื่น ๆ เช่น พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสุกรจะได้ผลดีเมื่อมีการเสริมกากน้ำตาล น้ำมันพืช หรือไขมันสัตว์ (Ross and Enriquez, 1969)

#### **การใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์**

การที่มีผู้ทดลองเลือกใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากพบว่าใบมันสำปะหลังมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ในปริมาณที่เหมาะสม โดยเฉพาะมีโปรตีนอยู่ในระดับสูง (สาโรช และคณะ,

2532) สมควรที่จะนำไปผสมอาหารสัตว์เพื่อเสริมอาหารโปรตีนให้แก่สัตว์และสามารถใช้แทนพืชที่ให้โปรตีนชนิดอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี Creswell (1978) ได้ศึกษาการใช้มันสำปะหลังโดยเฉพาะส่วนที่เป็นใบสำหรับเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก พบว่าใบมันสำปะหลังมีศักยภาพที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ มีปริมาณโปรตีนอยู่ในระดับสูงมากในบรรดาพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว โดยมีโปรตีนในช่วง 14-35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 25 เปอร์เซ็นต์ การที่มีระดับโปรตีนในใบอยู่เป็นช่วงกว้างก็เนื่องมาจากพันธุ์ อายุของพืช อายุของใบ และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งนี้ Creswell (1978) ได้ทดลองศึกษาของใบมันสำปะหลังในการเลี้ยงสัตว์ และศึกษาผลผลิตหัวมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ โดยการใส่ปุ๋ยแบบต่าง ๆ และการเก็บเกี่ยวใบหลายครั้งแล้วกล่าวคือ ผลผลิตของใบมันสำปะหลังจากการเก็บเกี่ยว 5 ครั้ง ในระยะเวลา 1 ปี มีค่าเฉลี่ย 21.8 ตันต่อเฮกตาร์สำหรับพันธุ์ Medan เมื่อเปรียบเทียบกับ 34.2 ตันต่อเฮกตาร์ของพันธุ์ Black twig ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังสำหรับปุ๋ยทุกระดับเมื่อมีการเก็บเกี่ยวส่วนใบไปใช้เลี้ยงสัตว์มีค่าเท่ากับ 20.1 และ 28.1 ตันต่อเฮกตาร์สำหรับพันธุ์ Medan และ Black twig ตามลำดับ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังสามารถดำเนินการผสมผสานไปกับการเลี้ยงสัตว์ได้ และยังมีแนวทางที่จะปลูกมันสำปะหลังเพื่อผลิตทั้งส่วนหัวและส่วนใบสำหรับเลี้ยงสัตว์ด้วย

การใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เริ่มโดยรายงานของ Ross and Enriques (1969) ซึ่งทดลองใช้ใบมันสำปะหลัง 15-20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่พันธุ์เล็กฮอร์น และ 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกกระทา และพบว่าอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในระยะหลัง นอกจากนี้ Khajareem *et al.* (1980) รายงานว่า อาหารไก่ไข่ที่มีมันสำปะหลังมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ไม่ควรใช้ใบมันสำปะหลัง เพราะจะไปเพิ่มปริมาณเถ้าและเยื่อใยในสูตรอาหารให้สูงมากเกินไป ทั้งนี้ทวิศักดิ์ (2542) ทดลองใช้ใบมันสำปะหลังแห้งปนเลี้ยงไก่ไข่ในระดับต่าง ๆ พบว่าการเสริมใบมันสำปะหลังแห้งปนช่วยให้สีของไข่แดงเพิ่มสูงขึ้นตามระดับของใบมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมสารสีสังเคราะห์และกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดพบว่าอาหารที่เสริมใบมันสำปะหลังมีสีของไข่แดงน้อยกว่าทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่เสริมสารสีสังเคราะห์ให้ค่าสีของไข่แดงสูงที่สุด แต่สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพของไข่นอกจากสีของไข่แดงไม่พบความแตกต่างระหว่างการทดลอง อย่างไรก็ตามการใช้ใบมันสำปะหลังในระดับสูงอาจทำให้อาหารมีเยื่อใยสูงและมีความฟามมาก ทำให้ปริมาณการกินอาหารของสัตว์ไม่เพียงพอ ระดับใบมันสำปะหลังที่ใช้ในอาหารไก่ไข่จึงไม่ควรเกิน 5-7 เปอร์เซ็นต์

โปรตีนในใบมันสำปะหลังสามารถใช้ทดแทนโปรตีนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ได้ การใช้ประโยชน์ในสุกรนั้น Khajareem *et al.* (1977) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ใบมันสำปะหลังใน

อาหารสุกรโดยเปรียบเทียบสุกร 3 กลุ่มที่ได้รับอาหารพื้นฐานในระดับ 100, 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนที่เหลือให้กินไขมันสำปะหลังแห้งเต็มที่ พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารพื้นฐาน 75 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าทุกกลุ่ม แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่ากลุ่มที่ให้อาหารพื้นฐาน 100 เปอร์เซ็นต์ และสุกรที่ได้รับอาหารพื้นฐาน 50 เปอร์เซ็นต์ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนดีที่สุด นอกจากนี้วัชรพงษ์ และคณะ (2531) ได้ทำการศึกษาการใช้ไขมันสำปะหลังประกอบอาหารสุกร ระยะรุ่น-ขุน พบว่าไขมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น-ขุน ได้สูงสุดที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกร ระดับการใช้ ไขมันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับระดับเยื่อใยในไขมันสำปะหลังแห้งด้วย หากมีระดับ เยื่อใยสูงขึ้น เช่น ไขมันสำปะหลังที่มีส่วนต้นและก้านใบปนมามาก ก็จะมีผลให้ใช้ไขมันสำปะหลัง นั้นได้ต่ำกว่าขีดจำกัดสูงสุดที่แนะนำไว้ในสูตรอาหาร ใกล้เคียงกับ Bui *et al.* (2000) ได้ศึกษาผล การใช้โปรตีนไขมันสำปะหลังทดแทนโปรตีนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่น พบว่าการ ใช้โปรตีนไขมันสำปะหลังทดแทนโปรตีนกากถั่วเหลือง 35 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสุกรระยะดังกล่าว หรือเท่ากับการใช้ไขมันสำปะหลังในระดับ 14 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีผลทำให้สุกรระยะรุ่น มีการย่อยได้ของโภชนะและปริมาณการสะสมโปรตีนในแต่ละวันไม่แตกต่างจากสูตรอาหารที่ใช้ โปรตีนจากถั่วเหลืองล้วน การใช้โปรตีนไขมันสำปะหลังทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองเพิ่ม มากขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะและการสะสมโปรตีนของร่างกายต่อวันลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown อายุ 23-42 สัปดาห์ จำนวน 960 ตัว

#### 2. โรงเรือนทดลอง

ลักษณะของโรงเรือนทดลองเป็นโรงเรือนเปิด หลังคาเป็นแบบจั่วสองชั้นมุงด้วยสังกะสี พื้นโรงเรือนเป็นพื้นดิน กรงที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่เป็นกรงคับแบบขังเดี่ยวมีขนาด 18x36x16 นิ้ว มีรางอาหารด้านหน้าและมีรางน้ำด้านบนของกรงคับ ภายในโรงเรือนใช้หลอดไฟเป็นแหล่งให้แสงสว่าง เพื่อให้ไก่ไข่ได้รับแสงตามโปรแกรมการให้แสงวันละ 16 ชั่วโมง

#### 3. อาหารทดลอง

โดยใช้อาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1: อาหารใช้ ข้าวโพด+กากถั่วเหลือง เป็นหลัก+ไบอะกรินปนแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2: อาหารใช้ มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์+กากถั่วเหลือง เป็นหลัก +ไบอะกรินปนแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3: อาหารใช้ ข้าวโพด+กากถั่วเหลือง เป็นหลัก+ไบมันสำปะหลังแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4: อาหารใช้ มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์+กากถั่วเหลือง เป็นหลัก +ไบมันสำปะหลังแห้ง 4 เปอร์เซ็นต์

อาหารทดลองทุกสูตรประกอบสูตรอาหารให้มีโภชนาต่าง ๆ ครบตามความต้องการของไก่ไข่ยึดถือตามคำแนะนำของ NRC (1994) ให้อาหารทดลองในรูปอาหารผง องค์ประกอบวัตถุดิบอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารและโภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลอง

| วัตถุดิบ (กิโลกรัม)                              | สูตรอาหาร |       |       |       | ราคา <sup>1/</sup><br>(บาทต่อกิโลกรัม) |
|--------------------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|----------------------------------------|
|                                                  | 1         | 2     | 3     | 4     |                                        |
| ข้าวโพด                                          | 56.79     | 11.80 | 57.48 | 12.90 | 5.15                                   |
| มันเส้น                                          | -         | 35.50 | -     | 35.00 | 3.5                                    |
| ถั่วเหลืองอบ                                     | 9.62      | 9.40  | 8.20  | 9.20  | 12.5                                   |
| กากถั่วเหลือง (44 เปอร์เซ็นต์โปรตีน)             | 15.51     | 21.78 | 16.21 | 21.41 | 11.5                                   |
| ปลาป่น (58 เปอร์เซ็นต์โปรตีน)                    | 3.00      | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 23                                     |
| ใบกระถินป่น                                      | 4.00      | 4.00  | -     | -     | 4.5                                    |
| ใบมันสำปะหลังป่น                                 | -         | -     | 4.00  | 4.00  | 4.5                                    |
| กากน้ำตาล                                        | -         | 3.80  | -     | 3.80  | 3.5                                    |
| เปลือกหอย                                        | 9.40      | 8.98  | 9.43  | 8.94  | 1                                      |
| โมโนแคลเซียมฟอสเฟต<br>(21 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส)  | 1.00      | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 12                                     |
| ดีแอล-เมทไธโอนีน                                 | 0.08      | 0.14  | 0.08  | 0.15  | 150                                    |
| เกลือ                                            | 0.35      | 0.35  | 0.35  | 0.35  | 3.5                                    |
| พรีมิกซ์ไก่ไข่                                   | 0.25      | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 70                                     |
| รวม                                              | 100       | 100   | 100   | 100   |                                        |
| ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)                       | 7.30      | 7.14  | 7.24  | 7.13  |                                        |
| ปริมาณโภชนะโดยการคำนวณ                           |           |       |       |       |                                        |
| โปรตีน                                           | 17.50     | 17.50 | 17.50 | 17.50 |                                        |
| ไขมัน                                            | 4.50      | 3.00  | 4.39  | 3.11  |                                        |
| พลังงานใช้ประโยชน์ได้<br>(กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) | 2,749     | 2,734 | 2,762 | 2,739 |                                        |
| เยื่อใย                                          | 3.74      | 4.37  | 3.61  | 4.22  |                                        |
| แคลเซียม                                         | 4.00      | 3.96  | 4.09  | 4.00  |                                        |
| ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้                           | 0.40      | 0.39  | 0.40  | 0.39  |                                        |
| ไลซีน                                            | 0.96      | 1.04  | 0.96  | 1.05  |                                        |
| เมทไธโอนีน+ซิสตีน                                | 0.67      | 0.67  | 0.67  | 0.66  |                                        |
| ทริปโตเฟน                                        | 0.21      | 0.22  | 0.21  | 0.22  |                                        |
| ทรีโอนีน                                         | 0.71      | 0.70  | 0.71  | 0.70  |                                        |

<sup>1/</sup> ราคาสินค้าวัตถุดิบอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) : เดือนตุลาคม 2546

## วิธีการทดลอง

### 1. แผนการทดลอง

ศึกษาการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก (ปัจจัยที่ 1) และการใช้ใบกระถินและใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สี (ปัจจัยที่ 2) ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีนในไข่ของไก่ช่วงอายุ 23–42 สัปดาห์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2x2 แฟกตอเรียลแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (2x2 factorial experiment in completely randomized design) แบ่งไก่ทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบไปด้วย 6 ซ้ำ ซ้ำละ 40 ตัว ทำการสุ่มไก่ไข่แต่ละกลุ่มให้กินอาหารทดลองสูตรใดสูตรหนึ่ง (จาก 4 สูตรของอาหารทดลอง) เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์

### 2. การให้อาหารและน้ำ

อาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่แยกตามสูตรอาหารมีทั้งหมด 4 สูตร การให้อาหารให้ที่รางอาหารซึ่งอยู่ด้านหน้าของกรงตับโดยให้วันละ 2 ครั้ง คือ 07.00 และ 15.00 น. ส่วนน้ำให้ตลอดเวลาโดยเปิดน้ำใส่รางผ่านด้านบนของกรงตับ

### 3. การบันทึกข้อมูล

ศึกษาการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพและปริมาณโปรตีนในไข่ไก่ช่วงอายุ 23–42 สัปดาห์ การบันทึกผลการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 28 วัน คือช่วงที่ไก่ไข่อายุ 23–26 สัปดาห์ 27–30 สัปดาห์ 31–34 สัปดาห์ 35–38 สัปดาห์ และ 39–42 สัปดาห์ โดยแต่ละช่วงเวลามีการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. บันทึกปริมาณอาหารที่กินทุกเช้าในแต่ละช่วง
2. บันทึกผลผลิตไข่ในแต่ละวัน
3. บันทึกจำนวนไข่ป่วยและจำนวนไข่ตายในแต่ละช่วง
4. สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ทุกเช้า เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนาต่าง ๆ ในอาหาร
5. การตรวจวัดคุณภาพไข่ โดยเก็บไข่ในทุก ๆ 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลา ในทุกเช้าตลอดการทดลอง เพื่อทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ ดังนี้

5.1 บันทึกน้ำหนักไข่ทุกเช้าในแต่ละกลุ่ม

5.2 ทำการสุ่มไข่มาทุกเช้าในแต่ละกลุ่ม โดยสุ่มมาเช้าละ 4 ฟองเพื่อทำการตรวจวัดความสูงของไข่ขาวโดยบันทึกเป็นค่าฮอฟฟูนิต ระดับคะแนนสีของไข่แดง และความหนาของเปลือกไข่

6. การตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีของไข่ โดยเก็บไข่ในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลา ในทุกเช้าตลอดการทดลอง เพื่อทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ ดังนี้

6.1 ปริมาณโปรตีนในไข่แดงและไข่ขาว

6.2 ปริมาณไขมันในไข่แดงและไข่ขาว

6.3 ปริมาณพลังงานในไข่แดงและไข่ขาว

6.4 ปริมาณเถ้าในไข่แดงและไข่ขาว

7. ทำการศึกษาอายุการเก็บของไข่และการเปลี่ยนแปลงสภาพของไข่ที่อายุการเก็บ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

นำค่าต่าง ๆ ที่บันทึกมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง}}{(28 \text{ วัน} \times \text{จำนวนไก่เมื่อสิ้นสุดช่วงการทดลอง})}$$

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินในช่วงการทดลอง} \times 12}{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง}}$$

$$\% \text{ ผลผลิตไข่ (hen-day production; HD)} = \frac{\text{จำนวนไข่ในช่วงการทดลอง} \times 100}{(28 \text{ วัน} \times \text{จำนวนไก่สิ้นสุดช่วงการทดลอง})}$$

$$\text{น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง} = \frac{\text{น้ำหนักไข่}}{\text{จำนวนไข่}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การตาย} = \frac{\text{จำนวนไก่ตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนไก่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล} = \text{ราคาอาหาร} \times \text{ปริมาณอาหารที่กินที่ใช้ผลิตไข่ 1 โหล}$$

#### 4. การวิเคราะห์ทางเคมี

1. ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ทุกซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนาต่าง ๆ ในอาหาร คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า โดยวิธี Proximate Analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์พลังงานรวมในอาหารโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter และวิเคราะห์ปริมาณ แคลเซียม ฟอสฟอรัส ตามวิธีของ AOAC (1990) ดัดแปลงโดยอังคณา และดวงสมร (2532)

2. ทำการสุ่มไขมันมาทุกซ้ำในแต่ละกลุ่ม โดยสุ่มมาซ้ำละ 4 ฟอง เพื่อทำการตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีของไขมัน คือ โปรตีน ไขมัน เถ้า โดยวิธี Proximate Analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์พลังงานรวมในไขมันโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter

#### 5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ) ตามแผนการทดลองแบบ factorial experimental in completely randomized design และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS

#### 6. สถานที่ทำการทดลอง

1. เลี้ยงสัตว์ทดลองที่โรงเรือนไก่ไข่ที่สี่ร้อยฟาร์ม ตำบลสี่ร้อย อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ศูนย์คั่นควัวและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

#### 7. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง: เดือนตุลาคม 2546

สิ้นสุดการทดลอง: เดือนมิถุนายน 2547

## ผลการทดลอง

### ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโภชนาทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาต่าง ๆ ของอาหารทดลองแต่ละสูตร ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 11 ซึ่งผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง พบว่าอาหารทดลองทุกสูตรมีปริมาณโภชนาต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับปริมาณโภชนาที่ได้จากการคำนวณ

### ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารทดลอง

| องค์ประกอบ<br>(เปอร์เซ็นต์)           | อาหารทดลองสูตรที่ <sup>1/</sup> |          |          |          |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|                                       | สูตร 1                          | สูตร 2   | สูตร 3   | สูตร 4   |
| วัตถุแห้ง                             | 89.30                           | 89.47    | 89.50    | 89.56    |
| โปรตีน                                | 17.89                           | 17.74    | 17.64    | 17.78    |
| ไขมัน                                 | 5.20                            | 4.11     | 5.50     | 4.38     |
| เยื่อใย                               | 3.68                            | 4.24     | 3.70     | 4.16     |
| เถ้า                                  | 15.02                           | 16.48    | 15.26    | 16.88    |
| แคลเซียม                              | 4.20                            | 4.16     | 4.22     | 4.25     |
| ฟอสฟอรัส                              | 0.77                            | 0.71     | 0.76     | 0.75     |
| พลังงานรวม<br>(กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) | 3,569.86                        | 3,545.79 | 3,593.82 | 3,498.78 |

<sup>1/</sup> สูตรอาหารแสดงในตารางที่ 10

### สุขภาพของไก่ไข่ขณะทำการทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำที่ สี่ร้อยฟาร์ม อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2546 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2547 แต่เมื่อเริ่มทำการทดลองไปได้ประมาณ 1 เดือน ได้มีการระบาดของโรคไข้หวัดนกในพื้นที่จังหวัดอ่างทอง รวมทั้งบริเวณที่ตั้งฟาร์มซึ่งทำการศึกษาครั้ง

นี้ด้วย ซึ่งมีผลทำให้ไก่ไข่ในบริเวณนั้นและไก่ไข่ที่อยู่ใกล้กับฟาร์มที่ทำการศึกษารั้วนี้ได้รับผลกระทบมีไก่อายจำนวนมาก ไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน โดยไก่ไข่ส่วนใหญ่แสดงอาการป่วยและมีการตายเกิดขึ้น แต่ไก่ไข่ที่กินอาหารทดลองแต่ละสูตรจะมีอัตราการตายแตกต่างกัน ทางสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดอ่างทองได้มาทำการตรวจเชื้อโรคไข่หวัดนกกับไก่ที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวจำนวน 3 ครั้ง และพบว่าผลการทดสอบเป็นบวก ซึ่งแสดงว่ามีการติดเชื้อไวรัส H5N1 จริง แต่ไก่ทดลองมีอัตราการตายที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม สุดท้ายจึงต้องมีการทำลายไก่ทดลองดังกล่าวทั้งหมดเมื่อทำการทดลองไปได้ 20 สัปดาห์ (จุฑามาศ บุญแสง, สิริยอ ฟาร์ม อ. วิเศษไชยชาญ จ. อ่างทอง, ติดต่อส่วนตัว)

### ผลของการใช้มันเส้นและไบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่กินอาหารซึ่งใช้ข้าวโพดและมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลัก (ปัจจัยที่ 1) และใช้ไบกระถินและไบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สี (ปัจจัยที่ 2) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า

#### 1. เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และน้ำหนักฟองไข่

จากการทดลอง (ตารางที่ 12) พบว่าการใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่ไข่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และน้ำหนักฟองไข่แตกต่างจากการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักแต่อย่างใด ( $P>0.05$ ) ขณะที่การใช้ไบมันสำปะหลังเป็นแหล่งของสารให้สีไม่มีผลทำให้น้ำหนักของฟองไข่แตกต่างจากการใช้ไบกระถิน ( $P>0.05$ ) เช่นกัน แต่การใช้ไบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สี มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่สูงกว่าการใช้ไบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) นอกจากนี้ยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ ( $P>0.05$ ) ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และน้ำหนักฟองไข่แต่อย่างใด

#### 2. อัตราการตาย

ตลอดระยะเวลาการทดลอง (ตารางที่ 12) พบว่าไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารข้าวโพดและมันเส้นหรือสูตรไบกระถินและไบมันสำปะหลัง มีเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) และยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อ

เปอร์เซ็นต์การตายของไก่ไข่เช่นกัน แต่ไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารมันเส้นหรือไขมันสำปะหลังมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการตายต่ำกว่าไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารข้าวโพดและใบกระถินอย่างชัดเจน ( $P < 0.07$ )

### 3. ปริมาณอาหารที่กิน

จากการศึกษา (ตารางที่ 12) พบว่าการใช้มันเส้นในสูตรอาหารมีผลทำให้แม่ไก่กินอาหารน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เช่นเดียวกับการใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหารพบว่ามีผลทำให้การกินอาหารของแม่ไก่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ใช้ใบกระถิน และจากการทดลองไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อปริมาณอาหารที่กินแต่อย่างใด

### 4. ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล

จากการศึกษา (ตารางที่ 12) พบว่าไก่ไข่ที่อายุ 23-42 สัปดาห์ เมื่อกินอาหารผสมใช้มันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลักมีต้นทุนเฉลี่ยของค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ในขณะที่กลุ่มที่กินอาหารใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีมีต้นทุนเฉลี่ยของค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหลต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ใบกระถินเช่นเดียวกัน

## ผลของการใช้มันเส้นและไขมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

### 1. ค่าฮอฟฟ์ยูนิต

ผลจากการศึกษา (ตารางที่ 13) พบว่าไก่ที่กินอาหารแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าฮอฟฟ์ยูนิตของไข่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อค่าฮอฟฟ์ยูนิตด้วย

### 2. ความหนาเปลือกไข่

จากการทดลองพบว่าการใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่ไข่ไม่มีผลทำให้ค่าความหนาเปลือกไข่แตกต่างจากสูตรอาหารปกติที่ใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เช่นเดียวกับการใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหาร พบว่าไม่แตกต่าง

จากสูตรอาหารที่ใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) และยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ต่อค่าความหนาเปลือกไข่เช่นกันดังแสดงในตารางที่ 13

### 3. ค่าคะแนนสีไข่แดง

จากการทดลองพบว่าการใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารมีผลทำให้ระดับสีของไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ขณะที่การใช้ใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีมีผลทำให้ระดับสีของไข่แดงสูงกว่าการใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ พบว่าไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อค่าคะแนนสีไข่แดง ดังแสดงในตารางที่ 13

### ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ

ผลของการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักร่วมกับการใช้ใบมันสำปะหลังและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในอาหารไก่ไข่ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 14 ผลจากการศึกษา พบว่าการใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่ไข่มีผลทำให้สภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ ได้แก่ ค่าฮอฟยูนิต ความหนาเปลือกไข่ และคะแนนสีไข่แดง ที่อายุการเก็บต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากสูตรอาหารปกติที่ใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในขณะที่การใช้ใบมันสำปะหลังและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหารไก่ไข่มีผลทำให้สภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ ได้แก่ ค่าฮอฟยูนิต ความหนาเปลือกไข่ และคะแนนสีไข่แดง ที่อายุการเก็บต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากสูตรอาหารปกติที่ใช้ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นกัน

### ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่

ผลของการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักและการใช้ใบมันสำปะหลังและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 15 การใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารไก่ไข่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่แดง เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่แดง พลังงานรวมในไข่ขาว และพลังงาน

รวมในไข่แดง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่การใช้ไขมันสำปะหลังและใบกระถินในสูตรอาหารไก่ไข่ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในขาว เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่แดง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้ไขมันสำปะหลังและใบกระถินในสูตรอาหารไก่ไข่มีผลทำให้พลังงานรวมในไข่ขาวและพลังงานรวมในไข่แดง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ของแหล่งวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาว ( $P < 0.05$ ) โดยไก่ในกลุ่มที่กินอาหารไขมันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวสูงที่สุดในขณะกลุ่มที่กินอาหารข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวต่ำที่สุด ( $P < 0.05$ )

**ตารางที่ 12** ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

|                          | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี      |                    |        | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|--------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------|-----------|-------------------------------------------------|
|                          |                  | ใบกระถิน           | ใบมันสำปะหลัง      | เจลลี่ |           |                                                 |
| เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่     | ข้าวโพด          | 84.01              | 88.17              | 86.09  | 0.6773    | NS                                              |
|                          | มันเส้น          | 84.70              | 87.31              | 86.00  |           |                                                 |
|                          | เจลลี่           | 84.35 <sup>ก</sup> | 87.74 <sup>ข</sup> |        |           |                                                 |
| น้ำหนักไข่<br>(กรัม/ฟอง) | ข้าวโพด          | 61.47              | 62.12              | 61.79  | 0.2910    | NS                                              |
|                          | มันเส้น          | 61.22              | 61.89              | 61.55  |           |                                                 |
|                          | เจลลี่           | 61.34              | 62.00              |        |           |                                                 |
| เปอร์เซ็นต์การตาย        | ข้าวโพด          | 4.58               | 1.67               | 3.13   | 0.7098    | NS                                              |
|                          | มันเส้น          | 0.83               | 0.42               | 0.63   |           |                                                 |
|                          | เจลลี่           | 2.71               | 1.04               |        |           |                                                 |

**ตารางที่ 12 (ต่อ)**

| แหล่งพลังงานหลัก                            |         | แหล่งสารให้สี       |                     |                     | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|---------------------------------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------------------------------|
|                                             |         | ใบกระถิน            | ใบมันสำปะหลัง       | เฉลิย               |           |                                                 |
| ปริมาณอาหารที่กิน<br>(กรัมต่อตัวต่อวัน)     | ข้าวโพด | 107.11              | 104.26              | 105.68 <sup>ก</sup> | 0.6940    | NS                                              |
|                                             | มันเส้น | 103.91              | 101.35              | 102.63 <sup>ง</sup> |           |                                                 |
|                                             | เฉลิย   | 105.51 <sup>ก</sup> | 102.80 <sup>ข</sup> |                     |           |                                                 |
| ต้นทุนค่าอาหารต่อการ<br>ผลิตไข่ 1 โหล (บาท) | ข้าวโพด | 15.18               | 14.63               | 14.90               | 0.1706    | NS                                              |
|                                             | มันเส้น | 14.82               | 14.68               | 14.74               |           |                                                 |
|                                             | เฉลิย   | 15.00               | 14.65               |                     |           |                                                 |

**หมายเหตุ** <sup>ก, ง</sup> อักษรต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>ก, ข</sup> อักษรต่างกันแถวบนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ( $P > 0.05$ )

**ตารางที่ 13** ผลของการใช้มันเส้นและไขมันสัตว์ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

|                                 | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี |            |       | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|---------------------------------|------------------|---------------|------------|-------|-----------|-------------------------------------------------|
|                                 |                  | ใบกระถิน      | ไขมันสัตว์ | เจีย  |           |                                                 |
| ค่าสฟีนิต                       | ข้าวโพด          | 82.10         | 83.08      | 82.59 | 0.2719    | NS                                              |
|                                 | มันเส้น          | 83.29         | 82.98      | 83.13 |           |                                                 |
|                                 | เจีย             | 82.69         | 83.03      |       |           |                                                 |
| ความหนาเปลือกไข่<br>(มิลลิเมตร) | ข้าวโพด          | 0.375         | 0.373      | 0.374 | 0.0028    | NS                                              |
|                                 | มันเส้น          | 0.382         | 0.380      | 0.381 |           |                                                 |
|                                 | เจีย             | 0.378         | 0.377      |       |           |                                                 |

**ตารางที่ 13 (ต่อ)**

|                     | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี |               |       | Pooled SE | Interaction                      |
|---------------------|------------------|---------------|---------------|-------|-----------|----------------------------------|
|                     |                  | ใบกระถิน      | ใบมันสำปะหลัง | เฉลิย |           | แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
| สีไข่แดง<br>(คะแนน) | ข้าวโพด          | 9.28          | 9.90          | 9.59  | 0.3191    | NS                               |
|                     | มันเส้น          | 6.31          | 6.99          | 6.65  |           |                                  |
|                     | เฉลิย            | 7.79ก         | 8.44          |       |           |                                  |

**หมายเหตุ** <sup>ก, ง</sup> อักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>ก, ข</sup> อักษรต่างกันแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ( $P > 0.05$ )

**ตารางที่ 14** ผลของการใช้มันเส้นและไขมันสัตว์ในอาหารไก่ไข่ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ

|                         | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี |            |        | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|-------------------------|------------------|---------------|------------|--------|-----------|-------------------------------------------------|
|                         |                  | ใบกระถิน      | ไขมันสัตว์ | เจลลี่ |           |                                                 |
| ค่าสหสัมพันธ์ลำดับที่ 1 | ข้าวโพด          | 65.47         | 65.76      | 65.62  | 0.1596    | NS                                              |
|                         | มันเส้น          | 65.15         | 65.88      | 65.51  |           |                                                 |
|                         | เจลลี่           | 65.31         | 65.82      |        |           |                                                 |
| ค่าสหสัมพันธ์ลำดับที่ 2 | ข้าวโพด          | 52.81         | 52.18      | 52.49  | 0.3299    | NS                                              |
|                         | มันเส้น          | 53.49         | 52.60      | 53.04  |           |                                                 |
|                         | เจลลี่           | 53.15         | 52.39      |        |           |                                                 |
| ค่าสหสัมพันธ์ลำดับที่ 3 | ข้าวโพด          | 41.41         | 41.85      | 41.63  | 0.3056    | NS                                              |
|                         | มันเส้น          | 42.41         | 42.21      | 42.31  |           |                                                 |
|                         | เจลลี่           | 41.91         | 42.03      |        |           |                                                 |

**ตารางที่ 14 (ต่อ)**

|                      | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี |               |        | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|----------------------|------------------|---------------|---------------|--------|-----------|-------------------------------------------------|
|                      |                  | ใบกระถิน      | ใบมันสำปะหลัง | เจลลี่ |           |                                                 |
| ค่าฮอฟูนิตส์ค่าที่ 4 | ข้าวโพด          | 33.86         | 35.26         | 34.56  | 0.3463    | NS                                              |
|                      | มันเส้น          | 34.09         | 33.52         | 33.81  |           |                                                 |
|                      | เจลลี่           | 33.98         | 34.39         |        |           |                                                 |

**หมายเหตุ** NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ( $P>0.05$ )

**ตารางที่ 15** ผลของการใช้มันเส้นและไขมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่

| แหล่งพลังงานหลัก                |         | แหล่งสารให้สี      |                    |        | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|---------------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------|-----------|-------------------------------------------------|
|                                 |         | ใบกระถิน           | ไขมันสำปะหลัง      | เจลลี่ |           |                                                 |
| โปรตีนในไข่ขาว<br>(เปอร์เซ็นต์) | ข้าวโพด | 76.99 <sup>ก</sup> | 79.52 <sup>ก</sup> | 78.26  | 0.4148    | *                                               |
|                                 | มันเส้น | 80.60 <sup>ก</sup> | 78.67 <sup>ก</sup> | 79.63  |           |                                                 |
|                                 | เจลลี่  | 78.79              | 79.10              |        |           |                                                 |
| โปรตีนในไข่แดง<br>(เปอร์เซ็นต์) | ข้าวโพด | 30.04              | 30.15              | 30.10  | 0.0825    | NS                                              |
|                                 | มันเส้น | 30.06              | 29.81              | 29.93  |           |                                                 |
|                                 | เจลลี่  | 30.05              | 29.98              |        |           |                                                 |
| ไขมันในไข่ขาว<br>(เปอร์เซ็นต์)  | ข้าวโพด | 0.01               | 0.01               | 0.01   | 0.0010    | NS                                              |
|                                 | มันเส้น | 0.01               | 0.01               | 0.01   |           |                                                 |
|                                 | เจลลี่  | 0.01               | 0.01               |        |           |                                                 |

ตารางที่ 15 (ต่อ)

|                                | แหล่งพลังงานหลัก | แหล่งสารให้สี |               |       | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|-------|-----------|-------------------------------------------------|
|                                |                  | ใบกระถิน      | ใบมันสำปะหลัง | เฉลิย |           |                                                 |
| ไขมันในไข่แดง<br>(เปอร์เซ็นต์) | ข้าวโพด          | 58.54         | 58.58         | 58.56 | 0.1282    | NS                                              |
|                                | มันเส้น          | 58.05         | 58.46         | 58.26 |           |                                                 |
|                                | เฉลิย            | 58.29         | 58.52         |       |           |                                                 |
| ถั่วในไข่ขาว<br>(เปอร์เซ็นต์)  | ข้าวโพด          | 4.44          | 4.60          | 4.52  | 0.0689    | NS                                              |
|                                | มันเส้น          | 4.70          | 4.69          | 4.69  |           |                                                 |
|                                | เฉลิย            | 4.57          | 4.65          |       |           |                                                 |
| ถั่วในไข่แดง<br>(เปอร์เซ็นต์)  | ข้าวโพด          | 4.81          | 5.04          | 4.92  | 0.0670    | NS                                              |
|                                | มันเส้น          | 5.02          | 4.97          | 5.00  |           |                                                 |
|                                | เฉลิย            | 4.92          | 5.00          |       |           |                                                 |

**ตารางที่ 15 (ต่อ)**

| แหล่งพลังงานหลัก                          |         | แหล่งสารให้สี        |                      |         | Pooled SE | Interaction<br>แหล่งพลังงานหลัก x แหล่งสารให้สี |
|-------------------------------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|-----------|-------------------------------------------------|
|                                           |         | ใบกระถิน             | ใบมันสำปะหลัง        | เฉลิย   |           |                                                 |
| พลังงานรวมในไข่ขาว<br>(แคลอรีต่อกิโลกรัม) | ข้าวโพด | 5266.07              | 5334.67              | 5300.37 | 15.5573   | NS                                              |
|                                           | มันเส้น | 5253.60              | 5314.12              | 5283.86 |           |                                                 |
|                                           | เฉลิย   | 5259.83 <sup>๑</sup> | 5324.39 <sup>๑</sup> |         |           |                                                 |
| พลังงานรวมในไข่แดง<br>(แคลอรีต่อกิโลกรัม) | ข้าวโพด | 7867.30              | 7994.34              | 7930.82 | 22.2405   | NS                                              |
|                                           | มันเส้น | 7869.78              | 8010.59              | 7940.18 |           |                                                 |
|                                           | เฉลิย   | 7868.54 <sup>๑</sup> | 8002.46 <sup>๑</sup> |         |           |                                                 |

หมายเหตุ <sup>๑, ๒</sup> อักษรต่างกันแถวบนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

NS ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ( $P > 0.05$ )

\* พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานหลักและแหล่งสารให้สี ( $P < 0.05$ )

## วิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของการใช้มันเส้นและไขมันลำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

ผลของการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ พบว่าไก่ไข่กลุ่มที่กินอาหารข้าวโพดและมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลักมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง ความหนาเปลือกไข่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่แม่ไก่กลุ่มที่กินอาหารมันเส้นมีปริมาณอาหารที่กินต่อวันน้อยกว่าแม่ไก่ที่กินอาหารข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 13) อีกทั้งมีแนวโน้มอัตราการตายต่ำกว่าแม่ไก่ที่กินอาหารข้าวโพดด้วย ( $P < 0.07$ ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหารทดลองทุกสูตรได้ทำการปรับสมดุลโภชนะต่าง ๆ ให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และมีโภชนะต่าง ๆ ครบถ้วนเพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพตลอดจนเพื่อการให้ผลผลิตของแม่ไก่ ดังนั้นจึงส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง รวมทั้งคุณภาพของไข่ไก่ในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด (Scott *et al.*, 1982) อีกทั้งสอดคล้องกับรายงานของ Lenard and Roland (1981) ที่กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักของฟองไข่ว่า เมื่อแม่ไก่กินอาหารที่มีการปรับสมดุลโภชนะต่าง ๆ ให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เช่น กินอาหารที่มีระดับพลังงานและโปรตีนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันจะไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟองไข่

การที่แม่ไก่ที่กินอาหารมันลำปะหลังมีปริมาณการกินอาหารต่อวันต่ำกว่าแม่ไก่ที่กินสูตรอาหารข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อาจเนื่องมาจากอาหารมันลำปะหลังมีลักษณะค่อนข้างฟามและมีลักษณะเป็นฝุ่นมากกว่าอาหารข้าวโพด จึงอาจมีผลทำให้การกินอาหารของแม่ไก่ลดลง แต่แม่ไก่ที่กินอาหารมันลำปะหลังยังมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟองไม่แตกต่างจากแม่ไก่ที่กินอาหารข้าวโพด แสดงให้เห็นว่าแม่ไก่สามารถใช้ประโยชน์โภชนะในอาหารมันลำปะหลังได้ดีกว่าสูตรข้าวโพด ทั้งนี้เนื่องจากมันลำปะหลังซึ่งได้แก่มันเส้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและพลังงานได้ดีกว่าข้าวโพดในอาหารสุกร (Reas, 1996) และสัตว์ปีก (สุวรรณ, 2547) เนื่องจากแป้งในมันลำปะหลังจัดว่าเป็นแป้งอ่อนมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้สามารถย่อยได้เร็วในระบบทางเดินอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกและยีสต์ในระบบทางเดินอาหารมีการเจริญและการเพิ่มปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ทางเดินอาหารของสัตว์มีสภาพเป็นกรดมากขึ้นและช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค (สุวรรณ และ คณะ, 2548 ก) นอกจากนี้สัตว์ปีกที่กินอาหารมันลำปะหลังจะมีสัดส่วนปริมาณกรดบิวทิริกในกลุ่มกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids) สูงกว่าไก่ที่กินอาหารข้าวโพด ซึ่งกรด

บิวทริกมีหน้าที่เป็นอาหารให้กับเซลล์ผนังลำไส้เล็ก จึงทำให้ผนังลำไส้เล็กของไก่ที่กินอาหารมันสำปะหลังมีสุขภาพของทางเดินอาหารดีกว่าและมีความทนทานต่อการติดเชื้อโรคจากระบบทางเดินอาหารมากกว่าไก่ที่กินอาหารข้าวโพด (สุวรรณ และคณะ, 2548 ข) นอกจากนี้มันสำปะหลังยังมีข้อได้เปรียบอื่น ๆ อีกคือ มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ *Lactobacillus* spp. และยีสต์ อีกทั้งเป็นวัตถุดิบอาหารที่ค่อนข้างปลอดภัย การปนเปื้อนของสารพิษเชื้อรา ( อุทัย และสุกัญญา, 2547) จึงทำให้ไก่ที่กินอาหารมันสำปะหลังมีระบบทางเดินอาหารที่สุขภาพดี ไม่มีความเครียดเนื่องจากปัญหาการปนเปื้อนสารพิษเชื้อราในอาหาร จึงเป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้แม่ไก่ที่กินอาหารมันสำปะหลังในการทดลองนี้มีอัตราการตายต่ำกว่าแม่ไก่ที่กินอาหารข้าวโพด ( $P < 0.07$ ) ทั้ง ๆ ที่ขณะทำการศึกษามีการระบาดของโรคไข้หวัดนกเกิดขึ้นอย่างรุนแรงในบริเวณใกล้เคียงฟาร์มที่ทำการทดลอง

โดยปกติแล้วมันสำปะหลังจัดว่าเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกเป็นองค์ประกอบ และสามารถเป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ได้หากมันสำปะหลังที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในปริมาณสูง แต่มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นมันเส้น ซึ่งได้แก่หัวมันสำปะหลังที่หั่นเป็นชิ้นและผึ่งแดดเป็นเวลา 3-4 แดด และจะมีระดับกรดไฮโดรไซยานิกไม่เกิน 30 พีพีเอ็ม ซึ่งต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์มาก (อุทัย และสุกัญญา, 2547; สารโจน และคณะ, 2528) และไก่ในการศึกษารุ่นนี้มิได้แสดงอาการการเป็นพิษของสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกแต่ประการใด สอดคล้องกับรายงานของ O'Brien *et al.* (1992) ที่พบว่าการผึ่งแดดในระหว่างกระบวนการแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดเป็นมันเส้นสามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกลงได้ ขณะที่ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหัวมันสำปะหลังสดก่อนตากแห้งมีค่าเท่ากับ 91.0-151.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่หลังจากทำการผึ่งแดดหัวมันสำปะหลังแล้วปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะเหลือเพียง 0.0-11.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถใช้มันสำปะหลังระดับสูงในอาหารไก่ไข่ระยะวางไข่ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การตายแต่ประการใด

นอกจากนี้การปนเปื้อนของสารพิษไซยาไนด์ในระดับต่ำ ๆ ในอาหาร จะมีผลส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันต้านโรคในร่างกายสัตว์ โดยสารพิษไซยาไนด์ในระดับต่ำนี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายสัตว์แล้ว จะมีกระบวนการเปลี่ยนไปเป็นสารไซโอไซยานต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ทั้งนี้อุทัย และสุกัญญา (2547) รายงานว่าสารพิษไซยาไนด์ในระดับต่ำอาจมีประโยชน์ต่อร่างกายสัตว์ทางอ้อมในการเพิ่มภูมิคุ้มกันต้านโรค และการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เช่น ไข่และนํ้านม จากปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นช่วยส่งเสริมทำให้สัตว์ที่กินสูตรอาหารมันสำปะหลังมีการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้เต็มที่ ส่งผลให้สัตว์มีความทนทานต่อเชื้อโรค

สูงขึ้นมีสุขภาพดีขึ้น และมีอัตราการรอดสูงขึ้นด้วย Cosby and Sumner (1945) รายงานว่าโซยาไนต์ ที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายสัตว์จะถูกลดความเป็นพิษโดยรวมกับไฮโอซิสเตอินหรือไฮโอซัลเฟต โดยมี เอนไซม์โรคานีสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้สารไฮโอโซยานเนต (thiocyanate) ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นใน เนื้อเยื่อทุกชนิดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะในตับ ไต ต่อมหมวกไต ต่อมไทรอยด์ และตับอ่อน สารไฮโอโซยานเนตจะถูกขับออกทางน้ำนม น้ำลาย น้ำตา และน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร รวมทั้งของเหลวบริเวณเยื่อผิวของระบบทางเดินหายใจ (Ratner and Prince, 2000) ไฮโอโซยานเนต ที่ถูกขับออกทางน้ำนมจะเข้าสู่ระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสโดยทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยมีเอนไซม์แลคโตเปอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้สารไฮโปไฮโอโซยานเนตเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ของแบคทีเรีย ระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสนี้เป็นระบบต่อต้านแบคทีเรียตามธรรมชาติที่มีศักยภาพ ช่วยยับยั้งการเจริญหรือทำลายแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำนม เป็นการรักษาคุณภาพน้ำนมดิบให้มีอายุการเก็บนานขึ้น (Ryoba *et al.*, 2003) สอดคล้องกับงานทดลองของ สิริรัตน์ (2546) รายงานว่า การใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จ (Total mixed ratio; TMR) ของโคนมในระดับ 0, 12.6, 25.2 และ 37.7 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ร่วมกับหญ้าแห้ง 21.6 เปอร์เซ็นต์ แก่โคกำลังให้นม พบว่าการใช้มันสำปะหลังระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหาร ไม่มีผลทำให้ผลผลิตและคุณภาพน้ำนม ได้แก่ ปริมาณน้ำนม ปริมาณน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ หรือ 3.5 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างจากการใช้อาหารสูตรข้าวโพด แต่การเพิ่มระดับมันเส้นในสูตรอาหารทำให้เกิดผลดีคือการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำนมให้ดีขึ้น แม้ว่าการเพิ่มระดับมันเส้นจะทำให้มีโซยาไนต์และสารพิษอะฟลาท็อกซินในสูตรอาหารทดลองเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มระดับมันเส้นทำให้ปริมาณสารไฮโอโซยานเนตและเอนไซม์แลคโตเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณอะฟลาท็อกซิน เอ็ม 1 และจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำนมลดลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวและแบคทีเรียรวมในน้ำนมลดลงด้วย จึงสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มระดับมันเส้นในสูตรอาหารโคนม ทำให้มีการเพิ่มกิจกรรมของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมด้วย ซึ่งรวมถึงสารไฮโอโซยานเนต เอนไซม์แลคโตเปอร์ออกซิเดส และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในน้ำนม ทำให้เกิดผลดีหลายประการคือเกิดการทำลายและการลดสารพิษอะฟลาท็อกซินและสารพิษชนิดอื่น ๆ ในน้ำนม รวมทั้งควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำนม ช่วยให้สุขภาพเต้านมดีขึ้น ป้องกันการเกิดโรคเต้านมอักเสบ และยังทำให้น้ำนมมีคุณภาพดี สามารถยืดอายุการเก็บน้ำนมดิบไว้ได้นานขึ้น สอดคล้องกับอรอนงค์ (2548) ที่ทำการศึกษาระดับ Glutathione disulfide (GSSG) ในเม็ดเลือดแดงสุกรหลังจากการทำวัคซีน Swine fever 21 และ 28 วัน พบว่าสุกรที่กินอาหารมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานมีแนวโน้มของระดับ GSSG ในเม็ดเลือดแดงสูงกว่า ( $P < 0.06$ ) สุกรที่กินอาหารใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่ง GSSG เป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะของเซลล์ โดยปกติเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีขบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งผลจากขบวนการเมแทบอลิซึม

เหล่านี้นั้นจะให้ผลผลิตซึ่งเป็นอนุมูลอิสระต่าง ๆ นอกจากนั้นสภาวะเครียดต่าง ๆ ก็เหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระ และอนุมูลอิสระเหล่านี้จะไปเพิ่มปฏิกิริยาการเกิดลิปิดออกซิเดชันที่เยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เซลล์เกิดความเสียหายและการเสื่อมถอยของเซลล์ภูมิคุ้มกัน มีผลยับยั้งการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน (Jiyang *et al.*, 2003) ทั้งนี้ GSH มีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ โดยที่ตำแหน่งของซีสเทอีนของ GSH มีพันธะโควาเลนต์ของ -SH ซึ่งมีบทบาทในการจับกับอนุมูลอิสระ โดยมีเอนไซม์กลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส (glutathione-S-transferase) ช่วยเร่งปฏิกิริยา ได้ผลผลิตที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมากและถูกขับออกจากร่างกายทำให้เซลล์ยังคงสภาพดีไม่ถูกทำลาย นอกจากนี้ยังส่งผลให้การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันดีขึ้น (Jiyang *et al.*, 2003)

จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังมีความสามารถในการใช้ทดแทนข้าวโพดในระดับสูงในสูตรอาหารไก่ไข่ช่วงอายุ 23-42 สัปดาห์ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่แต่ประการใด โดยที่สูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังต้องทำการปรับสมดุลโภชนะต่าง ๆ ที่จำเป็นให้ครบถ้วนและสมดุลเพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพและให้ผลผลิตของไก่ไข่ ทั้งนี้อาหารผสมที่ใช้มันสำปะหลังระดับสูงมักพบปัญหาเรื่องปริมาณและสัดส่วนของกรดอะมิโนและโปรตีนไม่สมดุลและไม่เพียงพอต่อความต้องการของไก่ไข่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ สามารถแก้ไขได้โดยวิธีการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์หรือทำการเสริมวัตถุดิบอาหารโปรตีนสูงและมีคุณภาพดีลงในอาหารโดยคำนึงถึงความสมดุลของโภชนะต่าง ๆ ให้ครบถ้วนและสมดุลเพียงพอตามความต้องการของร่างกายไก่เป็นสำคัญ (อุทัย, 2529; Hutagalung, 1972) สอดคล้องกับ Jalaludin (1973) ที่กล่าวว่า การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารของสัตว์ปีก มันสำปะหลังจะต้องมีความชื้นต่ำและมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในอาหารที่ผสมเสร็จแล้วและต้องให้ร่วมกับแหล่งโปรตีนจากสัตว์ มีการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและไลซีน เสริมสังกะสีและเกลือป่นเพื่อป้องกันโรคพาราเคอราโตซิส (parakeratosis) เติมน้ำมันเพื่อลดฝุ่นและช่วยในการอัดเม็ดอาหาร หากสามารถปฏิบัติได้ตามคำแนะนำดังกล่าว จะสามารถใช้มันสำปะหลังในอาหารไก่กระตังและไก่ไข่ได้ที่ระดับ 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ Khajaree *et al.* (1977) กล่าวว่า การเสริมวัตถุดิบแหล่งโปรตีนเพื่อปรับสมดุลในสูตรอาหารผสมใช้มันสำปะหลังมักนิยมใช้กากถั่วเหลือง เพราะกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารโปรตีนสูงที่มีความผันแปรของระดับโปรตีนและสัดส่วนระดับกรดอะมิโนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนสูงเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปลาป่นมีปัญหาเรื่องการปลอมปนสูง อีกทั้งปลาป่นมีราคาเฉลี่ยสูงกว่ากากถั่วเหลืองอีกด้วย จึงมักนิยมใช้กากถั่วเหลืองมากกว่าปลาป่น สอดคล้องกับอุทัย และคณะ (2540) ที่แนะนำว่าการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารสัตว์ทำได้โดยการใช้มันสำปะหลังต่อ

กากั่วเหลืองเท่ากับ 0.87 ต่อ 0.13 กิโลกรัม สามารถทดแทนข้าวโพดอัตรา 1 กิโลกรัม โดยที่คุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ใกล้เคียงกับการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ในทำนองเดียวกัน สารโธและเยาบาลย์ (2528) ได้ให้ความเห็นว่าการใช้มันสำปะหลังในอัตรา 85 ส่วนต่อกากั่วเหลืองอัตรา 15 ส่วน สามารถทดแทนข้าวโพดได้ 100 ส่วน โดยให้คุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ทดเทียมกัน

นอกจากนี้ Phalaraksh *et al.* (1978) รายงานว่าสามารถใช้มันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไข่ระยะวางไข่ได้ โดยต้องทำการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์ลงไป ในอาหาร เนื่องจากอาหารที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในระดับค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเสริมเมทไธโอนีนสังเคราะห์ลงไป ในอาหารจึงเป็นการชดเชยเมทไธโอนีนที่มีอยู่ในระดับต่ำ และต้องปรับโภชนาการต่าง ๆ ที่จำเป็นให้เพียงพอต่อความต้องการของไก่ไข่ จึงจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ข้าวโพด นอกจากนี้ Hutagalung *et al.* (1972) ศึกษาการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดที่ระดับต่าง ๆ ปรากฏว่าสามารถใช้ได้ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไข่ระยะวางไข่ โดยมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และความหนาของเปลือกไข่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่กินอาหารใช้ข้าวโพด แต่ระดับสีไข่แดงลดลงเมื่อมีการใช้มันสำปะหลังในอาหารสูงขึ้น

ส่วนผลการใช้ไขมันสำปะหลังและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่ไก่ พบว่าการใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารสีในอาหารไก่ไข่มีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารของแม่ไก่ในแต่ละวันน้อยกว่าการใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่การใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในอาหารไก่ไข่ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่สูงกว่าการใช้สูตรใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อีกทั้งมีแนวโน้มอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) และมีขนาดฟองไข่ที่ไม่แตกต่างจากการใช้ใบกระถินในสูตรอาหารไก่ไข่ด้วย (ตารางที่ 13) ทั้งนี้อาจเนื่องจากไขมันสำปะหลังมีลักษณะฟามมาก การใช้ไขมันสำปะหลังระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีผลทำให้สูตรอาหารมีลักษณะฟามเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้แม่ไก่มีปริมาณการกินอาหารในแต่ละวันได้น้อยลง แต่ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรไขมันสำปะหลังกลับมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่สูงกว่า ( $P < 0.05$ ) มีแนวโน้มอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินทั้ง ๆ ที่อาหารทดลองทุกสูตรมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรไขมันสำปะหลังจะมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์โภชนาการต่าง ๆ ในอาหารได้ดีกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน ทั้งนี้เป็นไปได้ที่ไก่ไข่กลุ่มที่กินอาหารใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งของสารให้สีเกิดความเครียดน้อยกว่าไก่กลุ่มที่กินอาหารใช้ใบกระถินเป็นแหล่งของสารสี สังเกตได้จากการมีเปอร์เซ็นต์การตายที่ต่ำกว่าไก่กลุ่มที่ใช้ใบกระถิน ( $P < 0.06$ ) ซึ่งการที่มีความเครียดน้อย

กว่านี้จะส่งผลดีต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายของไก่ โดยมีผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงกว่าไก่ที่กินอาหารใช้ใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สี จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ของแม่ไก่ที่กินสูตรอาหารใบมันสำปะหลังสูงกว่าแม่ไก่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน ( $P < 0.05$ ) ซึ่งใบกระถินเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีสารพิษโมโนซินและแทนนินเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารพิษเหล่านี้ล้วนมีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ทั้งสิ้น เช่น ทำให้เกิดการชะงักของการเจริญเติบโตของเซลล์ต่าง ๆ หยุดการสังเคราะห์โปรตีน แต่การใช้ใบกระถินในระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารจะไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการไข่ของไก่ไข่แต่ประการใด (อุทัย, 2529) ในขณะที่ใบมันสำปะหลังมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกและแทนนินเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกัน และระดับกรดไฮโดรไซยานิกในใบมันสำปะหลังแห้งปนก็อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวสัตว์แต่ประการใด (สาโรจน์ และ คณะ, 2532) แต่ระดับกรดไฮโดรไซยานิกในระดับต่ำในอาหารดังกล่าวกลับมีผลไปกระตุ้นทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในร่างกายให้สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดไฮโดรไซยานิกในอาหารเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไซโอไซยานेटโดยเอนไซม์โรดานีสที่มีอยู่ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกาย สารไซโอไซยานेटจะมีผลไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส ซึ่งนอกจากจะช่วยในการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคของสัตว์แล้วยังจัดได้ว่าเป็นสารต่อต้านการเกิดออกซิเดชันหรือเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกาย รวมทั้งเป็นสารช่วยแก้ไขความเครียดในร่างกายด้วย (Jiyang *et al*, 2003) จึงมีผลทำให้ไก่ไข่ที่กินอาหารใบมันสำปะหลังมีการสังเคราะห์โปรตีนสูงขึ้น และทำให้เปอร์เซ็นต์การให้ผลผลิตไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และมีอัตราการตายต่ำกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารใบกระถินด้วย ( $P < 0.07$ ) อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ผลดีของการใช้ใบมันสำปะหลังต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่คงมิได้มาจากกรดไฮโดรไซยานิกในระดับต่ำในใบมันสำปะหลังแต่เพียงอย่างเดียว เพราะปริมาณการใช้ใบมันสำปะหลังเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร จะให้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกน้อยกว่าที่ได้จากการใช้มันเส้น 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร จึงเป็นไปได้ที่ในใบมันสำปะหลังอาจมีสารออกฤทธิ์ธรรมชาติ (natural active ingredients) อื่นๆ ที่ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่สารเหล่านี้มีผลอย่างชัดเจนในการช่วยกำจัดความเครียดต่างๆในร่างกาย โดยเฉพาะในช่วงที่ไก่ไข่กำลังติดเชื้อไวรัส H5N1 ที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ ทำให้ไก่ไข่ที่กินอาหารใบมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่สูงกว่า ( $P < 0.05$ ) และมีอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) ไก่ไข่ที่กินอาหารใบกระถิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาสารออกฤทธิ์ธรรมชาติอื่น ๆ ในใบมันสำปะหลัง รวมทั้งศึกษาผลของสารออกฤทธิ์ธรรมชาติเหล่านั้นต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของไก่ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการที่จะควบคุมการเกิดโรคระบาดในฟาร์มสัตว์ปีกเนื่องจากเชื้อไวรัส H5N1 ด้วย

จากผลการศึกษาเป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้มันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไก่ไข่ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้มันสำปะหลังในรูปมันเส้นบดและใบมันสำปะหลังแห้งบดจึงไม่พบปัญหาจากอันตรายของสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก เนื่องจากการฟุ้งเด้งในระหว่างกระบวนการผลิตมันเส้นและใบมันสำปะหลังแห้ง เป็นวิธีการที่สามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกได้โดยใช้ความร้อนจากแสงแดด จึงพบปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกที่เหลือในมันเส้นและใบมันสำปะหลังแห้งน้อยมากและไม่เป็นอันตรายต่อไก่ไข่ (อุทัยและคณะ, 2540; Khajareern *et al.*, 1982) นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังมีความทนทานต่อการเจ็บป่วยและการตายมากกว่าไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารข้าวโพดหรือใบกระถิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองครั้งนี้ ไก่ทดลองได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคระหว่างทำการทดลอง โดยไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารข้าวโพดและใบกระถินมีอัตราการตายมากกว่าปกติที่ควรจะเป็น ในขณะที่ไก่ไข่ที่กินสูตรอาหารมันสำปะหลังและใบกระถินมีอัตราการตายต่ำกว่ามาก ( $P < 0.07$ ) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังในการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคของไก่ไข่ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ อุทัยและสุกัญญา (2547) ได้รายงานว่าการที่สัตว์มีสุขภาพและความต้านทานโรคดีขึ้นเมื่อกินอาหารสูตรมันสำปะหลังนั้น อาจเนื่องมาจากมันสำปะหลังมีคุณสมบัติที่มีแป้งย่อยง่าย เพราะแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นแป้งอ่อนและมีอะไมโลเพกตินเป็นองค์ประกอบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติของแป้งอ่อนจะดูดซับน้ำไว้ในโมเลกุลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เอนไซม์อะไมเลสในทางเดินอาหารย่อยแป้งได้รวดเร็วด้วย จากการศึกษาของ Reas (1996) ที่ได้ศึกษาถึงการย่อยได้ของมันสำปะหลังพบว่าอาหารมันสำปะหลังจะมีการย่อยและการลดลงของระดับวัตถุแห้ง อินทรีวัตถุ และพลังงานอย่างต่อเนื่องและเป็นเส้นตรงจากกระเพาะย่อยลงมาถึงไส้ติ่ง และการย่อยเกือบจะสมบูรณ์ก่อนถึงลำไส้ใหญ่ ขณะที่ข้าวโพดมีการย่อยได้ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลัง แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการที่แป้งในทางเดินอาหารถูกย่อยได้ดีในช่วงแรกก่อนถึงลำไส้เล็กจะส่งเสริมให้มีการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เช่น กลุ่มแลคโตบาซิลัส ในทางเดินอาหารส่วนท้ายมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแลคโตบาซิลัสเพิ่มขึ้นและความเป็นกรด-เบส (pH) ลดลง (มีกรดแลคติกมากขึ้น ทำให้มีความเป็นกรดมากขึ้น) และมีผลไปยับยั้งการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค ได้แก่ แบคทีเรียประเภท อี.โคไล รวมทั้งซัลโมเนลลา และคลอสติเดียม ซึ่งมีผลโดยตรงทำให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของสุวรรณ (2547) ที่พบว่าไก่กระທงที่กินอาหารมันสำปะหลังมีปริมาณ อี. โคไล น้อยกว่า และแลคโตบาซิลัส สปีชีส์ มากกว่าไก่กระທงที่กินอาหารข้าวโพด แสดงว่าชนิดของคาร์โบไฮเดรตในอาหารมีอิทธิพลต่อส่วนประกอบของแบคทีเรียในลำไส้ ไก่ที่กินมันสำปะหลังจะมีการเพิ่มปริมาณแลคโตบาซิลัส และช่วยลดปริมาณของอี.โคไล ในลำไส้ของไก่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากแป้ง

ในมันสำปะหลังถูกย่อยได้ดีกว่าข้าวโพดและถูกย่อยเกือบสมบูรณ์ในส่วนต้นของลำไส้เล็ก ทำให้มีปริมาณสารอาหารประเภทน้ำตาลมากกว่าข้าวโพด (Weurding *et al.*, 2001) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญและช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ที่สามารถใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ได้แก่ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก การที่จุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดแลคติกเพิ่มปริมาณขึ้น ทำให้สามารถแข่งขันแย่งสารอาหารและยึดเกาะติดผนังเซลล์มิวโคซา ทำให้สามารถครอบครองพื้นที่ผิวของเซลล์เยื่อในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นกลไกการป้องกันขัดขวางการยึดเกาะของแบคทีเรียก่อโรค เช่น อี.โคไล และซัลโมเนลลา กลไกการยึดเกาะเริ่มตั้งแต่แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเจริญติดกับผนังลำไส้ และสามารถเพิ่มจำนวนในส่วนลูเมน (lumen) ของลำไส้ ต่อมาแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกจะยึดครองบริเวณที่ผิวเซลล์ของลำไส้ ทำให้แบคทีเรียก่อโรคไม่สามารถเกาะได้จึงถูกกำจัดออกไปจากทางเดินอาหาร (Barrow *et al.*, 1980) จากการรายงานของอุทัยและ สุกัญญา (2547) ที่กล่าวว่าเกษตรกรผู้ใช้อาหารสูตรข้าวโพดมักจะประสบปัญหาข้าวโพดย่อยไม่หมดในระบบทางเดินอาหารและมักจะพบส่วนเหลือของข้าวโพดในมูลสุกรตลอดเวลา การใช้ข้าวโพดในสูตรอาหารจะต้องมีการบดละเอียดมาก (ใช้ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร) และอาจจะต้องมีการเติมน้ำย่อยหรือเอนไซม์ช่วยย่อยลงไปในสูตรอาหารตลอดเวลาจึงจะช่วยแก้ปัญหาได้ แต่การใช้มันเส้นเป็นอาหารสัตว์สามารถบดมันเส้นโดยใช้ตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตรก็สามารถบดมันเส้นให้มีความละเอียดเพียงพอที่สัตว์จะย่อยได้ดี การที่แบ่งมีการย่อยได้สูงนี้จะมีผลทำให้ความเครียดที่เกิดจากการย่อยและการดูดซึมอาหารของสัตว์ลดลง และอาจมีผลทำให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้นด้วย นอกจากนี้การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารยังทำให้มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยธรรมชาติมาก มีปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษเชื่อน้ำน้อย ทำให้สัตว์ที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลัง ได้รับความเครียดจากพิษของอะฟลาท็อกซินในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีเลย ใกล้เคียงกับ Phalaraksh *et al.* (1977) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัตถุดิบอาหารแหล่งพลังงานต่าง ๆ ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปลายข้าว และข้าวฟ่าง ในปริมาณเท่ากับ 50 43 43 และ 43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับต่อสมรรถภาพการผลิตต่าง ๆ ของไก่ไข่อายุ 20-60 สัปดาห์ พบว่าไก่ไข่ในกลุ่มทดลองที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักมีเปอร์เซ็นต์การตายต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ สอดคล้องกับสุวรรณ (2543) ได้ทำการทดลองใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระทุงระดับ 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารมีผลทำให้อัตราการตายของไก่ลดลง และในขณะเลี้ยงก็มีการใช้ยาปฏิชีวนะน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งใช้ข้าวโพด นอกจากนี้ันทวันและคณะ (2545) ได้เปรียบเทียบผลการใช้อาหารสูตรข้าวโพดและมันสำปะหลังทั้งที่มีการใช้ยาและไม่ใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารไก่กระทุงในสภาพการเลี้ยงที่ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไปเพื่อชักนำให้มีอัตราการตายของไก่สูงขึ้น ผลการศึกษาพบว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรมันสำปะหลัง

ทั้งที่ใช้ยาและไม่ใช้ยาปฏิชีวนะในอาหารมีอัตราการตายต่ำกว่าไก่ที่กินอาหารสูตรข้าวโพดทั้งที่ใช้ยาและไม่ใช้ยาปฏิชีวนะ (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับสุวรรณและอุทัย (2545) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบผลการใช้ข้าวโพด มันเส้น และมันอัดเม็ดเป็นอาหารไก่เนื้อต่อสภาพสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อ พบว่าไก่เนื้อที่กินอาหารทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อผนังลำไส้ (mucosal protein) ในส่วนลำไส้เล็กทั้ง 3 ส่วน (คูโอดินัม, เจจูนัม และไอเลียม) ไม่แตกต่างกัน แต่ไก่เนื้อที่กินสูตรอาหารข้าวโพดมีกิจกรรมของน้ำย่อยซูเครสและน้ำย่อยมอลเตส (sucrase and maltase activity) ในส่วนคูโอดินัม และกิจกรรมน้ำย่อยซูเครส (sucrase activity) ในส่วนเจจูนัมต่ำกว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารมันเส้นและมันอัดเม็ด แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังสามารถถูกย่อยและดูดซึมได้ง่ายในส่วนต้นของลำไส้เล็ก ทำให้กลูโคสหลงเหลืออยู่ในส่วนลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลายน้อยจึงไม่มีกลูโคสเหลือพอสำหรับจุลินทรีย์ที่หลงเข้ามากับอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ เช่น เชื้อซัลโมเนลลา หรือ อี.โคไล ทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่สามารถเพิ่มจำนวนและเจริญเติบโตในส่วนลำไส้เล็กได้ จึงลดการทำลายผนังลำไส้และอาจทำให้สัตว์ที่กินอาหารสูตรมันสำปะหลังมีสุขภาพดีปราศจากโรคทางเดินอาหาร ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก กรดบิวทีริก และสภาพกรด-เบส ในไส้ติ่งของไก่กระทงที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กรดบิวทีริกของไก่กระทงที่ได้รับอาหารมันเส้นมีปริมาณมากกว่าไก่ที่ได้รับอาหารข้าวโพดและมันอัดเม็ดตามลำดับ ซึ่ง Jacobasch *et al.* (1999) รายงานว่ากรดบิวทีริกในระบบทางเดินอาหารของไก่ จะมีผลในการป้องกันการอักเสบของลำไส้ และป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอน การที่มันเส้นให้กรดบิวทีริกสูงอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและหน้าที่ของเซลล์ในทางเดินอาหารของไก่กระทง และส่งเสริมให้ไก่กระทงมีสุขภาพดี มีความทนทานต่อโรคต่าง ๆ สูงขึ้น จากการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถยืนยันถึงความปลอดภัยจากสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในมันสำปะหลัง และผลดีของมันสำปะหลังต่อการปรับปรุงสุขภาพและเป็นแนวทางในการเลี้ยงไก่ไข่โดยการให้ยาปฏิชีวนะลดลง หรือไม่ต้องใช้เลยได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถนำมันสำปะหลังมาใช้ในการสูตรอาหารในการผลิตสัตว์ยุคใหม่ที่ไม่ใช้ยาปฏิชีวนะและกระบวนการผลิตอาหารปลอดภัยจากสัตว์ด้วย

การที่ไก่กลุ่มที่กินอาหารมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานหลักกินอาหารน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสูตรอาหารมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นฝุ่นและอาจรบกวนการกินอาหารของแม่ไก่ ทำให้แม่ไก่กินอาหารได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น สอดคล้องกับ Jalaludin (1973) ที่ได้ศึกษาการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ระยะวางไข่ พบว่าสามารถใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดได้เพียง 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่านั้น จึงจะไม่ทำให้ปริมาณการกินอาหารและผลผลิตไข่แตกต่างกับกลุ่มเปรียบเทียบที่ใช้ข้าวโพด

เป็นหลัก แต่ถ้าใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้วจะทำให้อาหารผสมมีลักษณะฟาม สัตว์กินอาหารได้น้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเป็นหลัก สอดคล้องกับ Khajareern *et al.* (1982) ที่กล่าวว่า การใช้มันสำปะหลังระดับสูง (60-70 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร) ทำให้อาหารมีความน่ากินต่ำ เนื่องจากมันสำปะหลังมีความหนาแน่นต่ำ ฟาม ทำให้อาหารผสมไม่น่ากิน และจากการศึกษาในครั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังก่อนการนำมาใช้ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ต้องทำการบดให้ละเอียดก่อน เพื่อให้สามารถผสมเข้ากับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ได้ ซึ่งแป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อนและมีไขมันน้อย ดังนั้นสูตรอาหารที่มีการใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในระดับสูงจึงทำให้อาหารผสมที่ได้มีลักษณะเบาเป็นฝุ่นมาก และมีความฟามสูง ซึ่งอาจรบกวนการกินอาหารของสัตว์ เพราะอาหารที่เป็นฝุ่นจะทำให้สัตว์เกิดอาการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจและจำเป็นต้องดื่มน้ำมากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว อีกทั้งลดความน่ากินของอาหารส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลงและถ่ายมูลลักษณะเหลว ดังนั้นสูตรอาหารมันสำปะหลังหากเลี้ยงในสภาพอาหารผง จึงมีความจำเป็นต้องผสมกากน้ำตาลในระดับ 4-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหลีกเลี่ยงลักษณะการเป็นฝุ่นของอาหารดังกล่าว (อุทัย และสุกัญญา, 2547) อีกทั้งกากน้ำตาลยังมีกลิ่นหอม ทำให้รสชาติอาหารดีขึ้นและทำให้อาหารแน่นขึ้น ซึ่งทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

### ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ

ผลการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ กัน พบว่าไข่ไก่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารมันเส้นและข้าวโพดมีค่าสอฟูยูนิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุการเก็บ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 14) ทั้งนี้ค่าสอฟูยูนิตเป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่าไข่มีคุณภาพดีมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่าสอฟูยูนิตสูงหมายถึงคุณภาพของไข่ดีมากโดยมีค่าสูงกว่า 79 ด้วยเหตุที่ค่าสอฟูยูนิตเป็นค่าที่คำนวณได้จากสมการ  $H.U. = 100 \times \log(H + 7.57 - 1.7 W^{0.37})$  เมื่อ  $H.U.$  = ค่าสอฟูยูนิต (ความสูงของไข่ขาวเมื่อปรับตามน้ำหนักไข่)  $H$  = ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร) และ  $W$  = น้ำหนักของฟองไข่ (กรัม) จากสมการดังกล่าวตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสอฟูยูนิตคือ ความสูงของไข่ขาวและน้ำหนักของฟองไข่ สำหรับปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสูงของไข่ขาวคือ ความสดใหม่ของไข่และปริมาณโภชนาต่าง ๆ ในอาหารที่ไก่กิน (Berg and Bearse, 1956) ในการทดลองนี้ทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ในแต่ละกลุ่มทดลองโดยเก็บไข่ในวันเดียวกันและอาหารทุกสูตรที่ใช้ในการทดลองมีการปรับโภชนาต่าง ๆ ที่จำเป็นให้ครบถ้วนและสมดุลเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของไก่

ไขแล้ว อีกทั้งอาหารทดลองทุกสูตรได้มีการปรับคุณค่าทางโภชนาต่าง ๆ ที่จำเป็นให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกันจึงทำให้ไก่ไข่ในแต่ละกลุ่มทดลองได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนและพลังงาน รวมทั้งโภชนาต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลทำให้ความสูงของไข่ขาวของไข่ไก่ที่ได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน ส่วนปัจจัยอีกประการที่มีผลต่อค่าสอฟูนิค คือ น้ำหนักของฟองไข่ จากผลการทดลองในตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฟองไข่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจากสาเหตุของปัจจัยทั้งสองประการดังกล่าวข้างต้นคือ ความสูงของไข่ขาวและน้ำหนักของฟองไข่ของไข่ไก่ในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าสอฟูนิคที่ได้ในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน (Hutagalung *et al.*, 1972; Phalaraksh *et al.*, 1977)

### **ผลของการใช้มันเส้นและใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่**

ผลการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารไก่ไข่ ต่อองค์ประกอบทางเคมีของไข่พบว่า ไก่ไข่ที่กินอาหารมันเส้นและข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่แดง เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่แดง พลังงานรวมในไข่ขาว และพลังงานรวมในไข่แดง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ไก่ไข่ที่กินอาหารใบมันสำปะหลังและใบกระถินมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่แดง เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่แดง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังมีพลังงานรวมในไข่ขาว และพลังงานรวมในไข่แดงสูงกว่าสูตรอาหารใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 15) ทั้งนี้อาจเนื่องจากไก่ไข่ที่กินอาหารใบมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวและไขมันในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน แม้ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แต่องค์ประกอบโภชนาที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว มีผลทำให้ค่าพลังงานรวมในไข่ขาวและพลังงานรวมในไข่แดงของไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังสูงกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และหากพิจารณาร่วมกับผลการศึกษาที่พบว่า ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 12) อีกทั้งไก่ไข่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังมีแนวโน้มอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน (ตารางที่ 12) จึงทำให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า การใช้ใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่ในระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร นอกจากจะช่วยทำให้ไก่ไข่มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงขึ้นแล้วยังมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของไข่ ได้แก่ ค่าพลังงานรวมในไข่ขาวและไข่แดงของไข่สูงกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และทำให้ไก่ไข่ที่กินอาหารใบมันสำปะหลังมี

แนวโน้มอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินด้วย จึงเป็นการยืนยันว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังจะเกิดความเครียดในสัตว์น้อยกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน จึงทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนชนิดต่าง ๆ ในร่างกาย ทั้งโปรตีนไข่และโปรตีนที่เป็นภูมิคุ้มกันโรคมากกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน จึงแสดงผลการตอบสนองออกมาในรูปของการเพิ่มขึ้นของลักษณะการผลิตต่าง ๆ ข้างต้น มากกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถิน โดยเฉพาะในสภาวะการศึกษาดังกล่าวที่ไก่ไข่มีการติดเชื้อไวรัส H5N1 และมีการให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง ทั้งนี้เนื่องจากใบมันสำปะหลังมีปริมาณสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกในระดับต่ำที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ แต่สารพิษดังกล่าวเมื่อถูกดูดซึมเข้าไปในสัตว์ จะถูกเปลี่ยนเป็นสารไฮโอไซยานเนตที่ไปช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส และมีผลช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคในร่างกายรวมทั้งเป็นตัวช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายด้วย (Jiyang *et al*, 2003) จึงทำให้เกิดความเครียดในสัตว์ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังลดลง และทำให้ไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบมันสำปะหลังมีลักษณะการผลิตข้างต้นดีกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลจากการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าใบมันสำปะหลังอาจมีสารออกฤทธิ์ธรรมชาติอื่น ๆ ที่ช่วยกำจัดความเครียดในสัตว์ แต่ยังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยอย่างชัดเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย และมีจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษารายละเอียดในประเด็นนี้ต่อไป

อย่างไรก็ตามผลจากการทดลองพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ของวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและแหล่งสารให้สีต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 15) โดยไก่ในกลุ่มที่กินอาหารใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวสูงที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่กินอาหารข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวต่ำที่สุด ( $P < 0.05$ ) ไข่ของไก่ไข่ที่กินอาหารข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนต่ำลงหรือเกิดจากการนําน้ำจากท่อน้ำไข่เข้าสู่ฟองไข่มากขึ้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าไก่ทดลองในกลุ่มนี้มีอัตราการตายสูงกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ นั้นเป็นการแสดงว่าไก่ทดลองกลุ่มนี้เกิดความเครียดมากกว่าไก่ทดลองกลุ่มอื่น ๆ ทำให้ขบวนการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ในร่างกายรวมทั้งกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของร่างกายลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนในไข่ของไก่ไข่ลดลงด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ทดลองกลุ่มที่มีการใช้มันเส้นที่พบว่าอัตราการตายน้อยกว่า สามารถบ่งบอกได้ว่าไก่ทดลองกลุ่มนี้มีความเครียดเกิดขึ้นน้อยกว่าทำให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้นมากกว่า ส่งผลทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนในไข่สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป เพราะโปรตีนในไข่เป็นโปรตีนคุณภาพสูงเนื่องจากมีกรดอะมิโนที่ร่างกาย

มนุษย์ต้องการอยู่อย่างสมดุล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีและช่วยในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า มันสำปะหลังสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานและใบมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นแหล่งสารให้สีในอาหารไก่ไข่ได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่ของไก่ไข่ และองค์ประกอบทางเคมีของไข่แตกต่างจากการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีในอาหารไก่ไข่แต่ประการใด แต่อาหารสูตรมันสำปะหลังจะมีผลทำให้ไก่ไข่มีอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) อาหารสูตรข้าวโพด ในขณะที่อาหารสูตรใบมันสำปะหลังจะมีผลทำให้ไก่ไข่มีอัตราการตายต่ำกว่า ( $P < 0.07$ ) มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่และมีค่าพลังงานรวมในขาวและไข่แดงสูงกว่า ( $P < 0.05$ ) อาหารสูตรใบกระถิน ทั้งมันสำปะหลังและใบมันสำปะหลังจึงสมควรใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับเลี้ยงไก่ไข่

## สรุป

ผลการใช้มันเส้นและข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก และผลการใช้ไขมันสำปะหลังและใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีหลักในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ คุณภาพไข่ สภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของไข่ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ไก่ไข่ที่กินอาหารใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารมีผลผลิตไข่น้ำหนักฟองไข่ อัตราการตาย รวมทั้งคุณภาพของไข่ ได้แก่ ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ ไม่แตกต่างจากไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรข้าวโพดแต่อย่างใด แต่ไก่ไข่ที่กินอาหารที่ใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักมีปริมาณการกินอาหารน้อยกว่าไก่ไข่ที่กินอาหารสูตรที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

2. ไก่ไข่ที่กินอาหารใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหาร มีน้ำหนักฟองไข่ คุณภาพของไข่ ได้แก่ ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ รวมทั้งอัตราการตาย ไม่แตกต่างจากแม่ไก่ที่กินอาหารใช้ใบกระถินเป็นแหล่งสารให้สีแต่อย่างใด

3. ไก่ไข่ที่กินอาหารใช้ไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งสารให้สีในสูตรอาหารมีผลผลิตไข่และคะแนนสีของไข่แดงสูงกว่าแม่ไก่ที่กินอาหารใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่จะมีปริมาณการกินอาหารน้อยกว่าสูตรที่ใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

4. แม่ไก่ที่กินอาหารใช้ไขมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสารให้สีในสูตรอาหาร มีน้ำหนักฟองไข่ อัตราการตายรวมทั้งคุณภาพของไข่ ได้แก่ ความสูงไข่ขาว ความหนาของเปลือกไข่ ไม่แตกต่างจากแม่ไก่ที่กินอาหารที่ใช้ใบกระถินแต่อย่างใด

5. ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของไข่ที่อายุการเก็บต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากไข่ที่ได้จากสูตรข้าวโพดแต่อย่างใด

6. แม่ไก่กลุ่มที่กินอาหารใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นวัตถุดิบอาหารสารให้สี มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวสูงที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่กินอาหารใช้ข้าวโพด

เป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักและมีใบกระถินเป็นวัตถุดิบอาหารสารให้สี มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในไข่ขาวต่ำที่สุด ( $P<0.05$ )

7. ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารไขมันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์เถ้าไม่แตกต่างจากไข่ที่ได้จากสูตรข้าวโพดแต่อย่างใด รวมทั้งไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารไขมันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารสารให้สีไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์เถ้าในไข่แตกต่างจากไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารสูตรใบกระถินแต่อย่างใด

8. ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารไขมันเส้นเป็นวัตถุดิบอาหารสารให้สีมีผลทำให้ค่าพลังงานรวมในไข่ขาวและไข่แดงสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ใบกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

9. สามารถใช้ไขมันเส้นและไขมันเส้นเป็นอาหารไก่ไข่ได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้สภาพการเปลี่ยนแปลงของไข่ในช่วงการเก็บ และองค์ประกอบทางเคมีของไข่เกิดการเสียหายเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดและใบกระถิน

### ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ ไก่ทดลองได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคระหว่างทำการทดลอง ทำให้ไก่ทดลองอยู่ในสภาวะเครียด ดังนั้นจึงน่าจะมีการทำการทดลองซ้ำอีกครั้งในสัตว์ทดลองที่อยู่ในสภาวะปกติ ไม่มีความเครียดอันเนื่องมาจากการระบาดของโรค เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนต่อไป

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2519. มันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2532. มันสำปะหลัง การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูปและการใช้ประโยชน์.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, พัฒนา อนุรักษ์พงษ์พร และ สมยศ พุทธเจริญ. 2531. ปริมาณ  
โปรตีนในใบมันสำปะหลัง 13 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 21 (3): 176-181.

โชติ สิริพิชญ์. 2526. การบำรุงรักษาดินและการใช้ปุ๋ย, น. 32-38. ใน เอกสารวิชาการมัน  
สำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ดนัย สุภาพาร. 2537. พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง, น.14-30. ใน เอกสารวิชาการ  
มันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร. 2542. ประสิทธิภาพของสารสีจากใบมันสำปะหลังในอาหารไก่ไข่.  
ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรินทร์ ทองวิทยา. 2520. ผลของการใช้อาหารหมักมูลไก่ หัวและใบมันสำปะหลังในไก่กระตัง  
และไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทวัน ธนะศรีสุธารัตน์, สุจิตตรา มูลชัยสัช, สุพรรณดา ตาถาวรณ, อุทัย คั่นโ และ สุกัญญา  
จิตตพรพงษ์. 2545. ผลการใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับข้าวโพดในอาหารไก่กระตังที่มี  
การเสริมและไม่เสริมยาปฏิชีวนะ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พูนสุข อุตถัมภ์ณะ. 2526. งานวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง, น 103-117. ใน  
รายงานการสัมมนาการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เขาวมาลย์ คำเจริญ, สาโรช คำเจริญ, อภิชัย ศิวประภากร และ พรรศรี สากิยะ. 2529. ส่วนประกอบของโภชนะต่าง ๆ ของอาหารสัตว์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2530. การใช้มันสำปะหลังหมักโปรตีนสูงในอาหารไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรพงษ์ วัฒนกุล, ณรงค์ กิจพาณิชย์, สาโรช คำเจริญ และ สถาพร พาชิริรัตน์. 2531. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบมันสำปะหลังป่นในอาหารมันสำปะหลังสำหรับสุกร, น.34-42 ใน การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศิริรัตน์ บัวผัน. 2546. ผลของการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารผสมเสร็จต่อปริมาณโซมาติกเซลล์จุลินทรีย์ อะฟลาท็อกซิน และเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมโค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาโรช คำเจริญ และ เขาวมาลย์ คำเจริญ. 2528. การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์ สุกร เป็ด และ ไก่. ชุมชนสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกรจำกัด, กรุงเทพฯ.

สาโรช คำเจริญ, แววจักร กองพลพรหม และ เทียนชัย สุวรรณเวช. 2532. ผลของการใช้ปุ๋ยต่างกันที่มีต่อผลผลิตใบและคุณค่าทางอาหารสัตว์ของใบมันสำปะหลัง, น. 54-61. ใน รายงานผลการวิจัยโครงการพัฒนาพืชภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุภาพร อธิไชยคม และอรทัย ไตรวุฒนันท์. 2527. การพัฒนาการใช้มันเส้นร่วมกับพืชเกษตรพื้นบ้านอื่น ๆ ผลิตเป็นอาหารสัตว์ปีก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พรหมทอง. 2547. การเปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดและมันสำปะหลังเป็นอาหารไก่กระตังต่อ จุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร. ใน สัมมนาปริญญาโท-เอก ภาควิชาสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และ อุทัย คั่นโธ. 2545. ผลของการใช้มันสำปะหลังทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่กระตัง ต่อสภาวะการย่อยอาหารและสิ่งย่อยในทางเดินอาหารที่ส่งผลถึงสุขภาพของไก่. ใน รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, ชนินทร์ ตีรวัฒนวานิช, สุนทรานี ทองใหญ่, สุภาพร อิศริโยดม, กัญจนะ มาภวิจิตร และ อรุณี อิงคาภูล. 2548 ก. การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์สารของ ข้าวโพด มันเส้น และมันอัดเม็ดในทางเดินอาหารไก่กระตัง. ใน เรื่องเติมการประชุมทาง วิชาการ ครั้งที่ 43 สาขาสัตว์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, . 2548 ข. เปรียบเทียบผลการใช้ข้าวโพด มันเส้น และมันอัดเม็ดในอาหารต่อประชากร จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของไก่กระตัง. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 สาขาสัตว์ อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณณี แสนทวีสุข. 2543. การใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่ไข่และไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสภณ สินธุประมา. 2526. ประสิทธิภาพและดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในมันสำปะหลัง. กรม วิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ แซ่ลิ้ม. 2517. การใช้มันเส้นระดับสูงในอาหารไก่กระตัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ มุลธง. 2548. ผลของการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อระบบภูมิคุ้มกันในสุกร. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาทิตย์ วิบูลชัย 2527. การศึกษาการใช้ใบกระถิน ใบปอแก้ว หรือใบมันสำปะหลังผสมกับมัน สำปะหลังหมักเพื่อเป็นอาหารสุกรเนื้อสำหรับผู้เลี้ยงรายย่อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- อุทัย คั่นโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุทัย คั่นโธ และ สุกัญญา จิตตพรพงษ์. 2547. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- อุทัย คั่นโธ, สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และ วิไลลักษณ์ ชาวอุทัย. 2540. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สีนเจิมศิริ. 2532. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Adegbola, A.A. 1977. Methionine as an additive to cassava-based diets, pp. 9-17. In B. Nestel and M. Graham eds. **Cassava as Animal Feed**. Int. Devp. Res., Ottawa.
- Adrian, J. and F. Peyrot. 1971. Possible use of the cassava leaf (*Manihot utilissima*) in human nutrition. **Plant Foods Human nutri.** 2: 61-65.
- AOAC. 1990. **Official Mrthod of Analysis**. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Inc., Virginia.
- Barrow, P.A., B.E. Brolleker, R. Fuller, and M.J. Newport. 1980. The attachment of bacteria to the gastric epitheliumof the pig and its importance in the microecology of intestine. **Appl. Bacteriol.** 48:147-154.
- Basilisa, P.R. 1997. A comparative study on the digestibility of cassava, maize, sorghum and barley in various segments of the digestive tract of growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**. Available Source <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrda/5/cont95.htm>, June 27, 2000.
- Belyavin, C.G. and A.G. Marangos. 1980. Natural products for egg yolk pigmentation, pp. 47-68. In W. Haresign and D.J.A. Cole, eds. **Recent Advance in Animal Nutrition**. Butterworths, London.

- Berg, L.R. and G.E. Bearse. 1956. The effect of water soluble vitamins and energy level of the diets on the performance of laying pullets. **Poult. Sci.** 40: 615-619.
- Bolhuis, C.G. 1954. The toxicity of cassava roots. **Netherland J. Agric. Sci.** 2: 176-185.
- Bruijn, B.H. 1973. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*) , pp. 25-33. *In* **Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**, International Development Research Center IDRC, Ottawa.
- Bui, H.N.P., B. Ogle and J.E. Lindberg. 2000. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. **Anim. Feed Sci. and Tech.** 83: 223-235.
- Chou, K.C. and Z. Muller. 1972. Complete substitution of maize by tapioca in broiler ration, pp. 149-160. *In* Proceeding Australian Poultry Science Convention, Auckland.
- Church, D.C. 1979. **Livestock Feed and Feeding**. Durham&Downey, Inc., Oregon.
- Conn, E.E. 1973. Cyanogenic glycoside their occurrence biosynthesis and function, pp. 55-63. *In* **Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**, International Development Research Center IDRC, Ottawa.
- Cosby, E.L. and J.B. Sumner. 1945. Rhodanese. **Archives Biochem.** 7: 457-460.
- Creswell, D.C. 1978. Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) as a feed for pigs and poultry. **Trop. Agric.** 55: 273-282.
- Devenda, C. 1977. Cassava as a feed source for ruminants. pp. 107-119. *In* **Cassava as Animal Feed : Proceeding of a workshop**, University of Guelph, Guelph.
- Devlin, M.T. 1982. **Textbook of Biochemistry with Clinical Correlation**. A Wiley Medical Pub., New York.

- Du, T. H. 1998. Digestibility and nitrogen retention in fattening pigs fed different levels of ensiled cassava as a protein source and ensiled cassava root as energy source. **Livestock Research for Rural Development**. Available Source <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/lrrd/lrrd10/3/hang1.htm>, June 20, 2000.
- Eggum, B.O. 1970. The protein quality of cassava leaves. **Brith. J. of Nutri.** 24: 761-768.
- Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1967. The value of cassava root meal for chick. **Poult. Sci.** 46: 622-626.
- \_\_\_\_\_. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. **Poult. Sci.** 48: 846-853.
- \_\_\_\_\_. 1972. Cassava root meal in grower and layer diets. **Poult. Sci.** 51: 228-232.
- Foo, L.C. and M.Y. Chew. 1972. Determination of water-soluble protein in tapioca (Manihot utilisima) leaf. **Maya. Agric. J.** 48: 347-353.
- Fox, H. M. and G. Vevers. 1960. The Nature of Animal Colours. Sidgwick and Jackson Ltd., London.
- Hutagalung, R. I. 1972. Nutritive Value of Tropical Leaf Meal, Tapioca Root Meal, Normal Maize and Opaque-2 Maize and Pine-apple Bran for Pig and Poultry. 17th Ann. Conf. Mal. Vet. Assl. Univ, Malaya., Kuala Lumpur. Cited by Khajarnern, J. 1975/76 c. The maximum economic replacement of maize by cassava root meal in broiler diets, pp. 87-103. In **KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project 1975-76 Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- Hutagalung, R.I., S. Jalaludin and C.C. Chou. 1974. Effect of levels of dietary cassava (tapioca) leaf and root on performance, digestibility and body composition of broiler chicks. **Mal. Agric. Res.** 3: 49-59.

- Jacobasch, G., D. Schrnied., M. Kruschewski and K. Schmehl. 1999. Dietary resistant starch and chronic inflammatory bowl diseases. *Int J. Colorectal Dis.* 14: 201-211.
- Jalaludin, S. and S.K. Leong. 1973. Response of laying hens to low and high levels of tapioca meal. *Malay. Agric. Res.* 2: 47-51.
- Jiyang, C., C. Yan., S. Shaguna., F. Satoru., R.W. Compansand D.P. Jones. 2003. Inhibition of influenza infection by glutathione. *Free Radic. Biol. Med.* 34: 928-936.
- Khajarearn, J. 1975/76 a. A preliminary study on the utilization of cassava products as energy source for broiler, pp. 113-120. *In KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Annual Report.* Khon kaen University, Khon kaen.
- Khajarearn, J.M., S. Khajarearn, P. Swasdipan, and P. Patarahcinda. 1980. Non conventional protein sources for cassava-based rations 2 Layers, pp 76-83. *In KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Annual Report.* Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Khajarearn, J.M., S. Terapuntuwat, S. Khajarearn and S. Soontornsorn. 1977. Determination of basic chemical parameters of cassava root products of different originprocessing technology and quality, pp 15-30. *In KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Annual Report.* Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Khajarearn, J., S. Terapuntuwat, V. Patanakulchai and S. Khajarearn. 1977. Biological titration of Thai cassava root products of various quality grades with broiler chicks, pp. 35-61. *In KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Annual Report.* Khon Kaen University, Khon Kaen.

- Khajareern, J., S. Khajareern, A. Sivapraphagon and L. Nandhapipat. 1982. A survey on the changes in chemical composition of cassava root products in Khon Kaen region in 1980, pp. 22-29. *In* **KKU-IDRC Cassva/Nutrition Project Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Khajareern, J., S. Khajareern, K. Bunsiddhi and P. Sakiya. 1979. Determination of basic chemical parameters of cassava root product of different origin, processing technology and quality, pp 13-32. *In* **KKU-IDRC cassava/Nutrition Project Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Lancaster, P. A., J. S. Ingram, M. Y. Lim and D. G. Coursey. 1982. Traditional cassava base food: survey of processing techniques. **Econ Bot.** 36: 12-45.
- Latscha, T. 1990. **Carotenoids in Animal Nutrition**. F. Hoffmann-La Roche Ltd., Basel.
- Lee, T.K.C. and R.I. Hutagalung. 1972. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot esculenta* Crantz) for swine, pp. 38-47. *In* **Abstracts on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cassava Information Center, Colombia.
- Lenards, R.M. and D.A. Roland. 1981. The influence of time of dietary calcium intake on shell quality. **Poult. Sci.** 60: 2106-2113.
- Lykkesfedt, J. and B.L. Miller. 1994. Cyanogenic Glucosides in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Chemica Scandinavica**. 48: 178-180.
- Maner, J.H. and G. Gomez. 1973. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations, pp. 113-120. *In* **Chronic Cassava Toxicity : proceeding of an interdisciplinary workshop**. International Development Research Center IDRC, Ottawa.

- Mlingi, N.L.V., N.H. Poulter and H. Rosling. 1992. An outbreak of acute intoxications from consumption of insufficiently processed cassava in Tanzania. **Nutri. Res.** 12: 677-687.
- Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed, pp. 95-106. *In* **Cassava as Animal Feed: Proceeding of workshop**. University of Guelph, Guelph.
- Montgomery, R.D. 1969. **Toxic Constituents of Plant Foodstuff**. Academic Press, New York and London.
- Montilla, J.J. 1977. Cassava in the nutrition of broilers, pp. 43-50. *In* **Cassava as Animal Feed : Proceeding of a workshop**. University of Guelph, Guelph.
- Nartey, F. 1973. Biosynthesis of cyanogenic glucosides in cassava (*Manihot* spp.), pp. 73-87. *In* **Chronic Cassava Toxicity. Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**, International Development Research Center IDRC, Ottawa.
- Nation Research Council (NRC). 1994. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th ed. Revised BC. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nhu Phuc, B.H., V.L. Nguyen and T.R. Preston. 1995. Replacing soya-bean meal with cassava leaf meal in cassava root diets for growing pigs. **Livestock Research for Rural Development**. Available Source: <http://www.Fao.Org/livestock/agap/frg/lrrd/lrrd/7/3/9.htm>, June 27, 2000.
- O'Brien, G.M., L. Mbome, A.J. Taylor and N.H. Poulter. 1992. Variations in cyanogen content of cassava during village processing in Cameroon. **Food Chem.** 44 (2): 131-136.
- Oke, O.L. 1973. The mode of cyanide detoxication, pp. 97-104. *In* **Chronic Cassava Toxicity. Proceeding of an Interdisciplinary Workshop**, International Development Research Center IDRC, Ottawa.

- Olson, D.W., M.L. Sunde and H.R. Bird. 1969 a. The metabolizable energy content and feeding value of manioc meal in diets for chicks. **Poult. Sci.** 48: 1445-1452.
- Phalaraksh, K., C. Nikornkit, J.M. Khajareern, and S. Chonsai. 1977. The economic replacement of maize by cassava root meal in starter, grower, developer and layer diets, pp. 63-80 *In* **KKU-IDRC cassava/Nutrition Project Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Phalaraksh, K., C. Nikornkit, J.M. Khajareern, and S. Puvadolphirod. 1977. An evaluation of the replacing value of cassava root meal for maize, broken rice or sorghum in starter, grower, developer and layer diets, pp. 81-94. *In* **KKU-IDRC cassava/Nutrition Project Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Phalaraksh, K., J. Khajareern, and S. Puvadolphirod. 1978. An evaluation of the replacing value of cassava root meal for maize, broken rice or sorghum in layer diets, pp. 85-103. *In* **KKU-IDRC cassava/Nutrition Project Annual Report**. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Preston, T.R. and T. Murgueitio. 1992. Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics. Publ. Consultorias para el Desarrollo Rural Integrado en el Triptico Ltd., Cali.
- Ramos-Ledon, L.J. and J. Popenoe. 1970. Comparative chemical composition of cultivars of (Manihot esculenta, Crantz) and some released species. Proceeding of the tropical region. **Amer. Soc. Hort. Sci.** 14 : 232-243.
- Ratner, J. and A. Prince. 2000. Lactoperoxidase. **Amer. J. Respir. Cell. Mol. Biol.** 22: 642-644.
- Reas, B.P. 1996. A study on the comparative digestibility of cassava, maize, sorghum and baley in growing pigs. M.S. thesis, University of Queensland.

- Roger, D.J. and M. Milner. 1963. Amino acid profile of monioc leaf protein in relation to nutritive value. **Econ. Bot.** 17 (3): 211-216.
- Ross, E. and F.Q. Enriquez. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. **Poult. Sci.** 839-846.
- Ryoba, R., L.R. Kurwijila and M. Bakuname. 2003. **Potential Use of Lactoperoxidase Milk Preservation Method in Tanzania.** Available source: <http://www.Ihh.Kvl.Dk/htm/php/Tsap00/Ryobal.Htm>, December 1, 2003.
- SAS. 1988. **SAS Oser's Guide: Statistics.** SAS Institute Inc., North Carolina.
- Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1982. **Nutrition of the Chicken.** 3rd ed. Scott and Associates, New York.
- Vogt, H. 1965. The use of tapioca meal in poultry ratio. **World Poult. Sci.** 22: 113-125.
- Weurding, R.E., A. Veldman, W.A.G. Veen, P. J. Vander Aar, and M.W.A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **J. Nutri.** 131: 2329-2335.
- Yeoh, H. and V. Yruong. 1993. Quantitative analysis of linamarin in cassava using a  $\beta$ -glucosidase electrode. **Food Chem.** 47: 295-298.