15979

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลัง

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Casava Chip.

T100639

โดย

นางสาว ชรัญญา ชื่นพันธุ์

ปพ.
ช212ก
2542
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....100639
วัน,เดือน,ปี.....

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2010.

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลัง

Studies on Chemical Composition and

some Adulterant in Casava Chip.

โดย

นางสาว ชรัญญา ชื่นพันธุ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(รศ. ศรีสกุล วรจันทรา)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

วัน 30 **เดือน** พ.ค. **ปี** 42

15979
14 ก.ค. 2542

ปพ.
ช212ร
2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลัง

Studies on Chemical Composition and some Adulterant in Casava Chip.

การศึกษาคุณภาพของมันสำปะหลังโดยการเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ 15 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารด้วยวิธี Proximate Analysis เพื่อหาค่าความผันแปรของส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ รวมทั้งศึกษาการปลอมปนและลักษระทางกายภาพด้วยเทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์ ผลปรากฏว่า

มันสำปะหลังมีความชื้น 11.92 $\pm$ 3.17 %, โปรตีน 2.00 $\pm$ 0.46 %, ไขมัน 0.87 $\pm$ 1.07 %, เยื่อใย 1.81 $\pm$ 0.74 %, เถ้า 2.43 $\pm$ 1.45 %, แคลเซี่ยม 0.1514 $\pm$ 0.0760 %, ฟอสฟอรัส 0.0712 $\pm$ 0.0361 %, และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ 80.96 $\pm$ 3.44 %

ลักษณะทางกายภาพพบว่าลักษณะเด่นของมันสำปะหลังคือแป้งมีสีขาวขุ่นสะท้อนแสง แววววาวคล้ายเพชรและสิ่งปลอมปนที่พบจากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้แก่ เปลือก และการทดสอบด้วยเทคนิคการลอยตัวพบว่ามีสารอนินทรีย์ตกตะกอนอยู่คือดินและทราย ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 1.15 $\pm$ 0.75 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเพียง 2 ตัวอย่างหรือคิดเป็น 13.33 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดที่มีสารอนินทรีย์ค่อนข้างสูง ซึ่งตะกอนเหล่านี้อาจติดมาจากลานตากมันโดยความไม่ตั้งใจจึงจัดว่ามันสำปะหลังที่นำมาทดสอบมีคุณภาพดีสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ แต่ควรระมัดระวังในปริมาณความชื้น เพราะมีความผันแปรค่อนข้างสูงกว่าโภชนะอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าขาด รศ.ศรีสกุล วรจันทราซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ณหทัย วิจิตรโณทัย อาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการจัดการทางด้านห้องปฏิบัติการเพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆร่วมกับกลุ่มทดลองอื่น การบริหารเวลา การวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ยังช่วยตรวจสอบและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสามท่านมา ณ โอกาสนี้ ขอบคุณพี่ชายที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านยานพาหนะเวลาตระเวนเก็บวัตถุดิบในสถานที่ต่างๆทำให้ขั้นตอนสะดวกและรวดเร็วขึ้น

ท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้า เพื่อนร่วมกลุ่มการทดลอง เพื่อนๆในภาคและพี่ๆที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในยามที่เหนื่อยหน่ายท้อแท้ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชรัญญา ชื่นพันธุ์

30 เมษายน 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

หน้า

สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการทดลองและวิจารณ์	35
สรุป	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณเฉลี่ยของ cyanogenic glycoside	3
2	ผลผลิตมันสำปะหลังและปริมาณที่ส่งออก	5
3	ข้อแตกต่างระหว่างมันเส้นและมันเม็ด	5
4	กรรมวิธีต่างๆในการลดกรดไฮโดรไซยานิค	10
5	องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในหัวมันสำปะหลัง รวมทั้งเปลือก	11
6	องค์ประกอบทางโภชนะของมันสำปะหลัง	12
7	ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง	35
8	ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก และเรียงตามค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์	38

ตารางผนวกที่		
1	ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง	46
2	ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักและเรียงตามค่าสูงสุดของโปรตีน	47
3	ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในมันสำปะหลัง โดยวิธีการลอยตัวในสารละลาย	48
4	ลักษณะการปลอมปนที่พบในมันสำปะหลัง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดง Stand Curve 1	29
2	แสดง Stand Curve 2	29
3	ลักษณะทั่วไปของมันเส้น	39
4	ลักษณะทั่วไปของ Cortical Region	39
5	ลักษณะทั่วไปของลำต้น	40
6	ลักษณะทั่วไปของเปลือกในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง	40
7	ลักษณะทั่วไปของหิน	41

ภาพผนวกที่

1	ตู้ดูดความชื้น (Desicator)	50
2	เครื่องบดตัวอย่างอาหาร (Ultra contrifugal mill)	50
3	เครื่องชั่ง (Electronic Analytioal Balance)	51
4	เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	51
5	เตาเผา	52
6	เครื่องย่อย	52
7	เครื่องกลั่น	53
8	เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย	53
9	เครื่อง Spectrophotomatry	54
10	ตู้อบ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลัง

Studies on Chemical Composition and some Adulterant of Casava Chip.

คำนำ

ในปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มที่จะหันมาผสมอาหารใช้เองภายในฟาร์มกันมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรตระหนักดีแล้วว่าการผสมอาหารใช้เองเป็นวิถีทางหนึ่งที่จะทำให้ต้นทุนการผลิตสัตว์ต่ำลงได้ โดยเฉพาะในเมืองไทยซึ่งมีวัตถุดิบอาหารสัตว์มากมายหลายชนิดและมีเพียงพอในการใช้เลี้ยงสัตว์ บางชนิดอาจมีราคาแพงโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งของโปรตีน แต่บางชนิดก็มีราคาถูกและหาได้ในท้องถิ่นรวมทั้งเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆอาทิ โรงงานสกัดน้ำมันพืช โรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ฯลฯ ซึ่งสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้เช่นกัน วัตถุดิบบางชนิดอาจมีสารพิษซึ่งอาจจะเกิดอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงหากได้รับในปริมาณมากแต่สิ่งเหล่านี้ไม่เป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์หากเกษตรกรรู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำวัตถุดิบต่างๆเหล่านั้นมาใช้เลี้ยงสัตว์อย่างถูกต้อง จึงมักไม่กล้าที่จะนำวัตถุดิบชนิดใหม่ๆ มาใช้ทั้งที่มีอยู่เป็นจำนวนมากและราคาค่อนข้างถูก

การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่จะนำมาผสมอาหารสัตว์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่เกษตรกรต้องกระทำเพื่อที่จะได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีราคาเหมาะสมเป็นการลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ วิธีที่นิยมใช้คือวิธีทางเคมีแบบวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างปฏิบัติได้ง่าย แต่อาจยุ่งยากสำหรับเกษตรกร แต่สำหรับวิธีการตรวจสอบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็เป็นวิธีหนึ่งที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้เองโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าถึงแม้วิธีนี้จะเป็นการตรวจสอบในเบื้องต้นก็ตามดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งหวังที่จะศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบโดยเฉพาะมันสำปะหลังซึ่งมีอยู่มากมายในท้องถิ่นต่างๆของประเทศโดยการวิเคราะห์ทางเคมีและการตรวจสอบการปลอมปนหรือลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรทราบถึงคุณภาพของมันสำปะหลังที่ใช้เลี้ยงสัตว์ภายในประเทศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1.เพื่อวิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารของมันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆภายในประเทศ โดยวิเคราะห์หาโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น เถ้า แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส

2. เพื่อศึกษาลักษณะเด่นและลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง

3. เพื่อตรวจหาชนิดและลักษณะสิ่งปลอมปนในมันสำปะหลัง

4. เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพและค่าความผันแปรของมันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ประเภทของมันสำปะหลัง

เสาวนิต (2527) กล่าวไว้ว่ามันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามระดับของกรดไฮโดรไซยานิคที่เป็นองค์ประกอบคือ ชนิดหวาน มันสำปะหลังชนิดนี้นำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์ อาจนำมาบริโภคสดหรือนำมาทำผลิตภัณฑ์ เช่น แป้งมัน เป็นต้น อีกชนิดคือชนิดขมซึ่งนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ มันสำปะหลังชนิดขมนี้มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคมากกว่าชนิดหวาน

กรดไฮโดรไซยานิค(HCN) ในมันสำปะหลังเกิดจากการ hydrolyze สาร cyanogenic glycoside โดยเอนไซม์ linamarase ในหัวมันสำปะหลังเองปริมาณสาร cyanogenic glycoside ตามรายงานจากแหล่งต่างๆ ในใบ เปลือกของหัวและเนื้อมีดังนี้

ใบ	83-878	มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด
เปลือก	150-1110	มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด
เนื้อ	5-490	มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

ความแตกต่างของปริมาณ cyanogenic glycoside ระหว่างพันธุ์ที่เป็นพิษมาก(พันธุ์ขม) และพันธุ์ที่เป็นพิษน้อย(พันธุ์หวาน)จะแตกต่างกันเล็กน้อยในส่วนของใบและเปลือกของหัวแต่จะแตกต่างกันมากในส่วนของเนื้อ ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าพันธุ์หวานมีความสามารถที่จะเปลี่ยนสารนี้ในเนื้อไปเป็นสารอื่นได้มากกว่าพันธุ์ขมซึ่งความแตกต่างแสดงเป็นตัวเลขได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเฉลี่ยของ cyanogenic glycoside (มิลลิกรัม HCN ต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด)

ชนิด	หัว		ใบ
	เปลือก	เนื้อ	
พิษน้อย (เฉลี่ย 8 พันธุ์)	690	73	-
พิษมาก (เฉลี่ย 8 พันธุ์)	840	330	-
พิษน้อย (เฉลี่ย 15 พันธุ์)	-	60	770
พิษมาก (เฉลี่ย 15 พันธุ์)	-	340	1040

ที่มา : De Bruijn (1973) *อ้างโดย* พิชัย (2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของมันสำปะหลังที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์

เสาวนิต (2527) รายงานว่ามันสำปะหลังที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์มี 4 รูปแบบคือ

1.มันเส้น (cassava chips) คือหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกหรือไม่ปอกเปลือกก็ได้หั่นเป็นแผ่นแล้วตากแห้ง

2.มันอัดเม็ด (cassava pellets) คือมันเส้นที่นำมาอัดเม็ดโดยปกติจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง1 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร

3.กากมัน (cassava meal) เป็นเศษเหลือของหัวมันสำปะหลังและมันเส้นที่ผ่านกระบวนการผลิตแป้งมันไปแล้วมีสิ่งเจือจางมากแต่ยังมีแป้งอยู่ 55-65 เปอร์เซ็นต์

4.มันหัก (cassava broken roots) ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนมันเส้นแต่มีความยาวและความหนามากกว่ามันเส้น

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Feedstuff)ที่ประเทศไทยส่งออกมาก ในรูปของมันเส้น (cassava chips) มันอัดเม็ด (cassava pellets) และแป้งมัน (casava meal) โดยมีกลุ่มสหภาพยุโรป (European Union, EU) ได้แก่เนเธอร์แลนด์และสเปน และกลุ่มนอกสหภาพยุโรป ซึ่งได้แก่ สาธารณรัฐเกาหลีใต้ จีน และญี่ปุ่นเป็นลูกค้าสำคัญ ผลผลิตมันสำปะหลังและปริมาณการส่งออกแสดงไว้ในตารางที่ 2

การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปมันเส้นและมันอัดเม็ดซึ่งสามารถทำให้สารพิษลดปริมาณลงได้ และสารพิษจะมีการตกค้างอยู่มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เกิดปฏิกริยาระหว่าง cyanogenic glycoside กับเอนไซม์ linamarase และสภาพการที่สารพิษจะถูกปลดปล่อยเช่น อุณหภูมิและความชื้นระหว่างการแปรรูป (สาโรชและเยาวมาลย์, 2529) ส่วนข้อแตกต่างระหว่างมันเส้นกับมันเม็ดแสดงไว้ดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลผลิตมันสำปะหลังและปริมาณที่ส่งออก

	ผลผลิต	ส่งออก		
		มันเส้น	มันอัดเม็ด	แป้งมัน
ปี พ.ศ.	(ล้านตัน)	(1,000 ตัน)	(ล้านตัน)	(1,000 ตัน)
2534	19.7	113.2	6.3	549.0
2535	20.4	237.2	8.1	583.2
2536	20.2	85.1	6.6	460.6
2537	19.1	135	4.7	750.3
2538	18.2	184.9	3.0	630.3
2539	17.4	NA	3.6	NA

NA = ยังไม่มีข้อมูล (non available data)

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2539)

ตารางที่ 3 ข้อแตกต่างระหว่างมันเส้นและมันเม็ด

มันเส้น	มันเม็ด
1.การตรวจสอบการปลอมปนง่ายกว่า	1.การตรวจสอบยากกว่า
2.ราคาถูกกว่า	2.ราคาแพงกว่า
3.การเก็บในโกดังน้อยกว่า	3.เก็บได้มาก ไม่เปลืองเนื้อที่
4.ย่อยยากกว่า	4.ย่อยได้ง่ายกว่า
5.สะอาดน้อยกว่า	5.ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

ที่มา : นันทวัน (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตมันเส้น

ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 อย่างคือ เครื่องจักร ลานตากและโกดัง

เมื่อมันสำปะหลังถูกลำเลียงมาถึงโรงมันเส้นก็จะถูกนำเข้าเครื่องจักรเพื่อหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆเครื่องหั่นนี้ประกอบด้วยจานหั่นซึ่งเคลื่อนด้วยมอเตอร์ เมื่อหั่นเสร็จแล้วก็จะใช้คนงานนำไปตากที่ลานตาก ลานตากนี้เป็นลานซีเมนต์ซึ่งมีเนื้อที่กว้าง 1 ไร่จะตากมันเส้นได้ประมาณ 8-10 ตัน โดยใช้เวลาตากประมาณ 2-3 วันการตากมันเส้นนั้นใช้แรงงานคนเป็นสำคัญ เมื่อตากแห้งดีแล้วก็จะเก็บไว้ในโกดัง ซึ่งอาจเป็นเรือนไม้มีหลังคาคลุมมิดชิด หรือก่อด้วยอิฐบล็อค หัวมันสด 1 กิโลกรัมทำมันเส้นได้ประมาณ 0.40 กิโลกรัม

การผลิตมันอัดเม็ด

ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ โกดังเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป และเครื่องจักร

ขั้นตอนคือนำมันเส้นและขี้แป้งเข้าเครื่องทุบ (hammer mill) จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดมันอัดเม็ดที่ผ่านขั้นตอนนี้จะร้อนและนุ่ม จากนั้นจะนำเข้าสู่ cooler-dryers เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นลงเหลือเพียง 14 เปอร์เซ็นต์ มันเส้น 1 กิโลกรัมจะผลิตมันอัดเม็ดได้ประมาณ 0.89 กิโลกรัม

มันอัดเม็ดที่ผลิตในประเทศไทยจำแนกได้ 2 ชนิดคือ

1.ชนิดที่มียี่ห้อ (Brand Pellet) คือมันอัดเม็ดที่ผลิตด้วยเครื่องที่ทำจากต่างประเทศมีขนาดเล็ก การยึดเหนี่ยวภายในค่อนข้างดี เวลาขนถ่ายไม่แตกเป็นฝุ่น

2.ชนิดที่ไม่มียี่ห้อหรือมันเม็ดพื้นเมือง (Native Pellet) คือมันอัดเม็ดที่ผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทำในประเทศมีขนาดใหญ่กว่าเวลาขนถ่ายแตกร่วนง่าย

การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

นันทวัน (2535) รายงานว่า การใช้มันสำปะหลังผสมลงในอาหารสัตว์มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดดังนี้

ข้อดี

1.มีโภชนะที่ให้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่าเทียมกับธัญพืชชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.มีไขมันต่ำ

ข้อจำกัด

1.มีโปรตีนและกรดอะมิโนที่สำคัญต่ำ โดยเฉลี่ยแล้วมันสำปะหลังมีโปรตีนอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง คุณภาพของโปรตีนจัดอยู่ระดับกลาง โดยขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีนมากที่สุดทำให้การทดแทนธัญพืชในอาหารสัตว์ด้วยมันสำปะหลัง จะทำได้เมื่อนำโปรตีนมาชดเชยปริมาณของโปรตีนที่ขาดไปเสียก่อนแล้วจึงทดแทนธัญพืชโดยน้ำหนักได้ โดยทั่วไปแล้วแนะนำ มันสำปะหลัง 85 ส่วนต่อกากถั่วเหลือง 15 ส่วนหรือมันสำปะหลัง 19 ส่วนต่อปลาป่น 11 ส่วน จะมีปริมาณโภชนะและคุณค่าทางโภชนาการคล้ายกับข้าวโพด (Muller *et al.*,1974 และ สาโรชและเยาวมาลย์,2528 *อ้างโดย* พิชัย,2528)

มีรายงานการใช้มันเส้นผสมในอาหารไก่ระดับต่ำจนถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ต้องปรับปรุงระดับโปรตีนแต่ถ้าต้องการผสมมากกว่านี้จนถึงระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ต้องปรับระดับโปรตีนและเสริมด้วยเมทไธโอนีนจึงจะให้ผลในการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับอาหารไก่ปกติ (อุทัยและคณะ,2525 *อ้างโดย* พิชัย,2528)

จากการที่มันสำปะหลังขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้สัตว์สามารถขจัดพิษของกรดไฮโดรไซยานิคดังนั้นอาหารโปรตีนที่จะนำมาชดเชยจึงควรเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสูงฉะนั้นผู้ประกอบสูตรอาหารจำเป็นต้องเติมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนลงในอาหารมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบเพื่อชดเชยส่วนที่ขาดและช่วยในการทำลายสารพิษไปพร้อมกัน (Enriquez and Ross, 1967 *อ้างโดย* พิชัย, 2528)

2.มีแร่ธาตุและวิตามินต่ำกว่าธัญพืชอื่นๆ

วิชาญ (2525) กล่าวว่าการใช้มันสำปะหลังในการขุนโคจะต้องผสมยูเรียเข้าไปด้วยแต่ไม่ทำให้โคเจริญเติบโตดีกว่าสูตรอาหารมาตรฐานทั่วไป

3.มีสารพิษไกลโคไซด์ ลินามารินและ โลทอสตราลิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากการจับตัวของคาร์โบไฮเดรตและไซยาไนด์ที่อยู่ในยางตามใบ ลำต้นและหัว ไกลโคไซด์ดังกล่าวนี้เมื่อทำปฏิกริยากับเอนไซม์ linamarase ซึ่งมีอยู่ในเซลล์ของมันสำปะหลังแล้วจะปลดปล่อยกรดไฮโดรไซยานิค (HCN) หรือกรดปรัสสิคออกมา (สาโรชและเยาวมาลย์, 2529) ถ้าสัตว์กินสารพิษนี้เข้าไปมาก จะเกิดความผิดปกติทางร่างกาย และระบบประสาททำให้ถึงตายได้ (พานิช, 2535)

4.มีรสชาติไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.มีฝุ่นมากขณะที่บดเพื่อผสมอาหาร และเมื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์อาจก่อให้เกิดการรบกวนระบบหายใจของสัตว์ได้

ระดับมันเส้นหรือมันหักที่ใช้เลี้ยงสัตว์

สุกัญญา (2530) ได้แนะนำปริมาณมันสำปะหลังที่ใช้ผสมในอาหารสัตว์ไว้ดังนี้

สุกรหย่านม	(5-20กิโลกรัม)	ใช้ 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร
สุกรรุ่น	(20-60 กิโลกรัม)	ใช้ 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร
สุกรขุน	(60-100 กิโลกรัม)	ใช้ 70 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร
สุกรอุ้มท้อง		ใช้ 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร
ลูกไก่เนื้อ	(อายุ 0-4 สัปดาห์)	ใช้ 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร
ลูกไก่ไข่	(อายุ 0-8 สัปดาห์)	ใช้ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร
ไก่สาว	(อายุ 9-20 สัปดาห์)	ใช้ 60 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร
ไก่เนื้อ,แม่ไก่ไข่,ไก่พ่อแม่พันธุ์		ใช้ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

นอกจากนี้ยังได้แนะนำการใช้มันสำปะหลังบางชนิดไว้ดังนี้

1.การใช้มันหมักซึ่งมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวนิดๆจะช่วยกระตุ้นให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

2.มันหมักอาจไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงแม่สุกรเลี้ยงลูกเพราะอาจทำให้ลูกสุกรท้องเสียได้

3.หลีกเลี่ยงการใช้มันเส้นที่เก่าเก็บซึ่งถูกมอดกัดกินเนื้อแป้งไปมากแล้ว หรือมันเส้นที่มีการปลอมปนมาก

4.ก่อนใช้มันสำปะหลังผสมอาหารควรบดให้ละเอียดก่อนแต่ไม่ควรให้ละเอียดมากไปเพราะจะทำให้เป็นฝุ่น ดังนั้นจึงควรมีการเสริมไขมันลงไปในอาหารเพื่อลดการเป็นฝุ่น

วิธีลดปริมาณ cyanogenic glycoside

มีวิธีการหลายอย่างที่จะลดปริมาณของ cyanogenic glycoside ในหัวให้น้อยลงเพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์และผสมอาหารสัตว์เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ตามหลักการมักใช้ความร้อนเพื่อที่จะทำให้ HCN ระเหยออกไป ในการลดปริมาณ cyanogenic glycoside วิธีดังกล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การต้ม เคี่ยว ย่าง เผาหรือทอด

มันสำปะหลังที่จะใช้กินสดๆต้องมีปริมาณ cyanogenic glycoside ต่ำที่สุดจึงจะปลอดภัยและพันธุ์ที่จะใช้ประกอบอาหารโดยวิธีการดังกล่าวก็ควรจะเป็นพันธุ์ที่มีสารนี้ต่ำเช่นกันตามหลักการสาร cyanogenic glycoside ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ การใช้ความร้อนโดยวิธีการดังกล่าวนี้ก็พอเพียงที่จะทำลาย enzyme linamarase ที่จะ hydrolyse ปล่อย HCN ออกมาเอนไซม์จะถูก denature ที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส

Montgomery (1965) รายงานว่าการใช้ความร้อนส่วนของ HCN จะระเหยออกไปแต่ส่วนของ cyanogenic glycoside ที่ยังไม่ถูก hydrolyse ก็ยังคงอยู่เวลาที่กินอาหารเข้าไปก็อาจมีพวกผักต่างอยู่ด้วย ซึ่งในผักอาจจะประกอบด้วย เอนไซม์ที่จะ hydrolyse cyanogenic glycoside ได้ HCN ซึ่งเป็นไปได้ในกระเพาะและในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องก็มีจุลินทรีย์ที่จะ hydrolyse สารนี้ได้เช่นกัน ดังนั้นการจะใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารโดยวิธีการปรุงดังกล่าวก็ควรจะเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณสาร cyanogenic glycoside ที่ต่ำจึงจะปลอดภัย

2.การทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนหรือแสงแดด

การหั่นหัวมันเป็นแผ่นแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิต่างๆนั้น การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 72 องศาเซลเซียสมักจะลดปริมาณสารนี้ได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส เพราะที่อุณหภูมิสูงนั้นจะทำลายเอนไซม์ดังที่กล่าวมาแล้วจากการหั่นเป็นแผ่นทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งโดยผึ่งไว้สัก 24 ชั่วโมงจะทำให้ cyanogenic glycoside ถูก hydrolyse ได้ HCN แต่เวลาเข้าขบวนการทำให้แห้งนั้น HCN จะระเหยออกไปจะลดปริมาณสารนี้ได้ดีกว่าดังแสดงในตารางที่4

การทำให้แห้งโดยแสงแดดนั้นจะลดปริมาณสาร HCN ได้น้อยกว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆกันดังนี้ (Joachin and Panditteseker, 1944 *อ้างโดย* พิชัย, 2528)

ปริมาณของ HCN ที่เหลือจากการทำให้แห้งโดยวิธี

ตากแดด	228.0 มิลลิกรัม HCN ต่อกิโลกรัม
ใช้ความร้อนต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส	59.0 มิลลิกรัม HCN ต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 กรรมวิธีต่างๆในการลดกรดไฮโดรไซยานิค

	อุณหภูมิที่ทำให้แห้ง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณสาร HCN ที่ออกไป (เปอร์เซ็นต์)
หั่นเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้งทันที	60	50
หั่นเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้งทันที	90-100	16
หั่นแล้วผึ่งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง	60	83
หั่นแล้วผึ่งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง	90-100	73

ที่มา : Chalavanapavan (1994) *อ้างโดย* พิชัย (2528)

3.โดยการทำเป็นแป้ง

ในหลายประเทศการทำแป้งจากมันสำปะหลังชนิดหยาบอาจทำได้โดยนำหัวมันหั่นเป็นแผ่นตากให้แห้งแล้วบดให้ละเอียดเป็นผง หรือนำหัวมันไปเผาแล้วบดให้ละเอียดเป็นแป้งแล้วนำไปประกอบอาหารก็มีการตรวจพบ HCN บางส่วนที่ยังคงเหลืออยู่ การผลิตต้องให้แป้งนอนก้นที่ก้นถังนำไปอบด้วยความร้อนบนเตาอบจะได้ผงแป้ง (ในระหว่างทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอน cyanogenic glycoside จะถูก hydrolyse เป็น HCN บางส่วนจะถูกทำให้ระเหยออกไปแต่โรงงานสมัยใหม่ไม่ต้องรอให้แป้งตกตะกอนในถังจากน้ำแป้ง เพียงแยกแป้งออกจากน้ำหลังจากนั้นทำให้แห้งโดยผ่านอากาศร้อนก็เป็นการกำจัด HCN ออกไปและอีกอย่างหนึ่งแป้งที่ใช้เป็นอาหารก็ผ่านการปรุงโดยความร้อนอีกก็จะทำให้ HCN ที่ยังเหลืออยู่ในแป้งลดลงอีกจนไม่เป็นอันตราย

4.โดยการ fermentation

อาหารหลายอย่างที่ทำจากมันสำปะหลังในแถบประเทศที่ใช้เป็นอาหารมักจะผ่านขบวนการ fermentation จะทำให้รสดีขึ้น อย่างในประเทศไนจีเรียทำ gari โดยนำหัวมันที่ปอกเปลือกแล้วบดให้ละเอียดใส่ในกระสอบผ้าเอาของหนักๆทับไว้บนกระสอบให้น้ำออกไป ทิ้งไว้ประมาณ 4 วัน ระหว่างนั้นในกระสอบจะเกิดการ ferment หลังจากนั้นก็นำไปทอดเป็นอาหาร ระหว่างการ ferment นั้นจะมีแบคทีเรีย Corynebacterium ทำให้ pH ต่ำลงเป็นกรดเกิดสภาพเหมาะสมที่จะเกิดการ hydrolyse สาร cyanogenic glycoside ให้เป็น HCN ออกไปกับน้ำที่ไหลออกจากกระสอบและที่เหลือจะลดลงไปโดยการทอดภายหลัง อย่างไรก็ตาม gari ที่ขายอยู่ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้องตลาดของไนจีเรียก็ยังตรวจพบ HCN เป็นปริมาณ 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Oke, 1966 *อ้างโดย* พิชัย, 2528)

อาหารอีกอย่างหนึ่งของมาดากัสก้าชื่อว่า bononoga ผ่านขบวนการ fermentation โดยมักใช้หัวมันชนิดขมไปแช่น้ำที่ไหลหลายๆวันเกิดการ ferment ระหว่างที่แช่น้ำอยู่ หลังจากนั้นก็นำไปนึ่ง ปรากฏว่าไม่พบ HCN ใน bononoga เลย

จะเห็นได้ว่าอาหารที่เตรียมจากมันสำปะหลังก็ยังตรวจพบ HCN อยู่เสมอแต่ปริมาณไม่มากนัก ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต เพราะในปริมาณที่น้อยร่างกายมนุษย์สามารถทำลาย HCN เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นพิษได้

Oke (1973) *อ้างโดย* พิชัย (2528) รายงานว่าในร่างกายของคนที่บริโภคมันสำปะหลังเป็นปริมาณมากนั้นจะพบสารหนึ่งคือ Thiocyanate ในปัสสาวะ น้ำลายและในเลือด ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยน HCN โดยอาศัย เอนไซม์ rehodanese ที่พบอยู่ทั่วร่างกายแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในตับ โดยรวมกับพวก collois sulfur หรือ thiosulfate ซึ่งเป็นการทำลายพิษของ HCN ดังปฏิกริยา

$$HCN + Na_2S_2O_3 \longrightarrow HSCN + Na_2CO_3$$

(sodium thiosulfate) (thiocyanate)

องค์ประกอบทางโภชนะของมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในน้ำดังแสดงในตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในหัวมันสำปะหลังรวมทั้งเปลือก (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ในอายุต่างๆกัน

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต	อายุของมันสำปะหลัง				
	5	6	7	8	9
แป้ง	71.8	67.2	72.5	81.0	77.6
Hemicellulose	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
Cellulose	4.5	5.4	3.7	3.2	3.4
น้ำตาลทั้งหมด	3.1	5.1	2.6	3.5	5.7

ที่มา : Niitiku and Oyenuga (1972) *อ้างโดย* พิชัย (2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของมันสำปะหลัง

ที่มา	ชื่อวัตถุดิบ	องค์ประกอบทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)							
		ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	NFE	Ca	P
1/	มันเส้นจากสตูล	9.10	2.90	0.70	4.90	2.30	-	-	0.03
2/	มันเส้นจากสตูล	10.34	2.14	0.62	2.05	2.69	82.16	0.09	0.07
3/	มันเส้นจากสตูล	-	2.50	3.20	3.20	-	76.80	0.18	0.09
4/	มันเส้นจากสตูล	-	2.00	0.30	3.50	3.80	-	0.18	0.09
5/	มันเส้น	10.68	3.03	0.69	2.78	2.70	80.13	0.24	0.07
6/	มันเส้น	11.84	1.95	0.46	2.57	3.77	91.45	0.21	0.06
7/	มันเส้น	14.02	1.83	0.49	3.24	2.85	77.57	-	-
7/	มันเส้นพิเศษ	10.48	1.76	0.47	2.20	2.30	82.79	-	-
7/	มันอัดเม็ด	13.45	2.25	0.45	3.94	5.09	74.81	-	-
8/	มันอัดเม็ด	13.58	2.44	0.62	2.83	0.52	-	0.17	0.09
8/	หัวและใบมันอัดเม็ด	10.17	1.22	2.29	7.22	6.15	-	0.58	0.12
8/	กากมัน	12.74	1.75	0.48	9.24	10.76	65.03	0.39	0.05
8/	ใบมัน	2.32	27.39	7.17	10.90	7.02	-	1.20	0.30
8/	ใบอัดเม็ด	8.71	21.70	7.14	15.27	9.80	-	1.46	0.22
8/	ก้านมันใบ	77.05	1.83	0.33	6.39	3.18	-	0.94	0.05
8/	ลำต้น	81.83	2.69	0.42	5.27	1.66	-	0.43	0.05

ที่มา : 1/ feed stuffs (1994)

2/ พลูศรี (2532)

3/ นันทวัน (2535)

4/ Muller *et al.* (1975)

5/ จีระพร (2539)

6/ กรมปศุสัตว์ (2541) แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Dry matter

7/ เยาวมาลย์และคณะ (2523)

8/ พิชัย (2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบคุณภาพและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลังด้วยกล้องจุลทรรศน์

สุกัญญา (2530) กล่าวว่าการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตอาหารสัตว์ในแง่อุตสาหกรรมหรือการผสมอาหารใช้เองภายในฟาร์ม แม้ว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบบ้างแต่ก็ให้ผลคุ้มค่าแก่การลงทุน ศรีสกุล (2540) กล่าวว่าการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Feed Microscopy) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมกันมากเพราะมีประโยชน์คือ

1.ประเมินคุณภาพโดยทั่วไปของวัตถุดิบอาหารสัตว์ รวมทั้งอาหารสัตว์ผสมแล้วได้ในระยะเวลาสั้น รวดเร็วและวิธีการไม่ยุ่งยาก

2.ประหยัดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ต้นทุนต่ำกว่าวิธีทางเคมีแบบวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

3. สามารถตรวจสอบการปลอมปน การเสื่อมสภาพเนื่องจากการเก็บรักษา การทำลายของเชื้อโรค ราและแมลง รวมทั้งกรรมวิธีในการผลิตเป็นต้น ซึ่งบางครั้งวิธีทางเคมีแบบวิเคราะห์โดยประมาณไม่สามารถตรวจสอบได้

4.ช่วยในการตกลงราคาซื้อขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ในขั้นต้น รวมทั้งการตัดสินใจในการเลือกซื้อได้อย่างรวดเร็ว

5.เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ให้มีคุณภาพที่เหมาะสม

สุกัญญา (2530) ได้รายงานถึงประโยชน์ของการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เพิ่มเติมไว้ว่า ผู้ใช้วัตถุดิบสามารถ

1.จ่ายเงินตามคุณภาพวัตถุดิบ

2.เลือกซื้อเฉพาะวัตถุดิบคุณภาพดีมาใช้

3.ทราบว่าใครขายของที่ดีหรือไม่ดี

4.ลดปัญหาอื่นๆในการเลี้ยงสัตว์ที่จะตามมาหรือลดความรุนแรงของปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

5.คำนวณสูตรอาหารได้ถูกต้อง เลือกสูตรที่ราคาถูกเป็นการเพิ่มผลกำไรไปในตัว

6.ได้อาหารที่มีคุณภาพคงที่ เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ทำให้ได้สัตว์ที่มีลักษณะต่างๆดีตามไปด้วย

7.ในกรณีที่ขายอาหารสัตว์ทำให้ลูกค้ายอมรับและมีความเชื่อมั่น

เสาวนิต (2527) กล่าวว่าการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจสอบมากจึงจะสามารถแยกวัตถุดิบได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามการตรวจสอบด้วยวิธีนี้เป็นเพียงการตรวจสอบข้างต้นเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่ไม่มีสิ่งปลอมปนจริงๆเท่านั้นแตาเป็นวิธีที่กระทำได้ง่าย รวดเร็ว เสียค่าใช้จ่ายน้อยเหมาะสำหรับเกษตรกรที่ผสมอาหารใช้เองภายในฟาร์มหรือแม้แต่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับ
สุกัญญา (2529) ซึ่งรายงานว่าการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นเพียงการตรวจสอบหาชนิดของสิ่งปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์เท่านั้นหากต้องการทราบถึงปริมาณของสิ่งปลอมปนให้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นควรใช้เทคนิคการลอยตัว
(Flotation Technique) ในการตรวจสอบหาสิ่งปลอมปนควรดูวัตถุด้วยอาหารส่วนที่ละเอียดก่อน เพราะสิ่งปลอมปนโดยมากมักบดละเอียดไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและเพื่อให้การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ผลดียิ่งขึ้นควรอาศัยวิธีการทดสอบโดยใช้สารเคมี ในการแยกชนิดของสิ่งปลอมปน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายรวดเร็วและไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดก็จำเป็นต้องอาศัยวิธีการทดสอบที่แตกต่างกันไปอีกด้วยนอกจากนี้ พรรณิภา (2534) ได้แนะนำการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อพิจารณาส่วนประกอบของอาหารสัตว์ชนิดนั้นและแยกความแตกต่าง ความคล้ายคลึงของอาหารแต่ละประเภทด้วยกล้องจุลทรรศน์ มี 2 วิธีคือ วิธีแรกเป็นการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (Stereo Microscope) 7-10 เท่าเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของอาหารสัตว์เท่านั้นโดยพิจารณาจากรูปร่าง (Shape) สี(Colour) ความแข็ง (Hardness) ความอ่อนนุ่ม(Softness) ขนาดอนุภาค (Particle Size) การสะท้อนแสง (Reflection) การโปร่งแสง (Transparency) การทึบแสง (Opaque) เป็นต้น วิธีที่ 2 โดยการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (Compound Microscope) ใช้กำลังขยาย 100-500เท่าเพื่อศึกษาดูลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่อภายใน (Histological Structure) สำหรับเหตุผลที่ต้องดูโครงสร้างของเนื้อเยื่อหรือเซลล์นั้นเนื่องมาจากองค์ประกอบหรือโครงสร้างของเซลล์ยังคงสภาพเดิมได้ถึงแม้ว่าจะผ่านกรรมวิธีการผลิตมาแล้วก็ตามวิธีนี้สามารถตรวจสอบได้แม่นยำมากถ้าผู้ตรวจสอบมีความชำนาญสูง

ลักษณะการปลอมปนของมันเส้น

สุกัญญา (2530) กล่าวว่าสิ่งที่มักพบปลอมปนมาในมันเส้นได้แก่ ลำต้นมัน ดินขาว ดินลูกรัง หรือทรายซึ่งจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง ส่วนมันอัดเม็ดอาจใช้ปลายข้าวเก่าบดละเอียดผสมปนไปด้วยในขณะที่ อุทัย (2529) รายงานว่ามันเส้นที่ทำในฤดูฝนอาจแห้งไม่สนิทมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสูง เหม็นเปรี้ยวและขึ้นรา ซึ่งการใช้มันเส้นในระยะนี้ต้องระวังเรื่องราเพราะอาจสร้างสารพิษได้เช่นเดียวกับเชื้อราที่ขึ้นข้าวโพดเป็นอันตรายต่อสุกรและสัตว์ปีกได้นอกจากนี้ในระยะที่มันเส้นมีราคาแพง พ่อค้ามักจะปลอมปนด้วยต้นมัน ทราย หรือดินขาวทำให้คุณค่าทางอาหารของมันลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ความ (Hot air oven)
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เถ้า (Muffle Fernace)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ไขมันแบบ Lab congo goldfisch
4. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนโดยใช้เครื่อง Gerhardt
5. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย
6. อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยใช้เครื่อง Spectrophotometry
7. เครื่องบดอาหารแบบใช้แรงเหวี่ยงจากศูนย์กลาง (Ultra centrifugal mill)
8. ขวดใส่ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
9. เครื่องชั่งวิเคราะห์ (Electronic Analytical Balance) แบบ Toploaders
10. โหลดูดความชื้น (Desicater)
11. ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์
12. สารเคมีต่าง ๆ เช่น Diethyl ether,Sulfuric acid, Sodium hydroxide, Alcohol,Catalyst mixture acid เป็นต้น

13.กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ 10-40 เท่า (Stero Microscope)

14.อุปกรณ์ทำความสะอาดกล้อง เช่น กระดาษเช็ดเลนส์ (Lens paper) และแปรงทำความสะอาด (Syring brush)

15..ตะแกรงร่อนขนาดเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว พร้อมฐานรองรับอาหารที่ร่อนแล้ว ขนาดตะแกรง 10 20 30 และ 40 mesh

16.ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์บริสุทธิ์ (Reference Ingredient Collection)

17..ตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ มันสำปะหลัง หรือมันเส้น หรือมันอัดเม็ด

18.ขวดเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์

19.เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิค แบบวิเคราะห์ (Analytical)

20.กล้องถ่ายภาพจากกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์

21.ครกหินพร้อมสากบดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22.อุปกรณ์เล็ก ๆ เช่น ขวดใส่สารเคมี กระจกปิดแผ่นสไลด์ (cover glasses) ช้อนตักสาร (Spatula) จานแก้ว (Petridishes) กระจกนาฬิกา (Watch glasses) กระดาษกรอง (Filter paper) คีมปลายแหลม (Forceps) บีกเกอร์ (Beaker)หลอดใส่สาร (Test tube)

23.สารเคมีต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochoric acid) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachoride) น้ำกลั่น

วิธีการ

1.การเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังทั้งหมด 15 ตัวอย่างๆละ 5 กิโลกรัม จากพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศ เช่นจากลานมัน โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มสัตว์และร้านค้าปลีกย่อยเพื่อทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังทั้งในรูปของมันเส้นและมันอัดเม็ด

1.1 วิธีการลดขนาดตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ เมื่อเก็บตัวอย่าง จากจุดต่างๆ ทั้งหมดมารวมกันแล้ว ต้องมีการลดตัวอย่างเพื่อให้เพียงพอสำหรับเก็บไว้ทำการวิเคราะห์ เริ่มจากนำตัวอย่างแต่ละแหล่งมาใส่ภาชนะเช่นถาดแล้วผสมคลุกเคล้าตัวอย่างให้เข้ากัน เกลี่ยให้กระจายทั่วภาชนะและใช้ไม้บรรทัดหรือวัสดุที่มีผิวหน้าเรียบและตรงมาปาดผิวหน้าให้เรียบและเสมอกันจากนั้นใช้ช้อนกวนตัวอย่างให้หมุนไปรอบๆตามเข็มนาฬิกาจนแน่ใจว่าตัวอย่างผสมกันทั่วแล้วทำซ้ำอีกแต่กวนทวนเข็มนาฬิกาแล้วสุ่มตัวอย่างอีกอย่างอีกครั้งโดยแบ่งให้เรียบเสมอกันบนภาชนะแล้วใช้ไม้บรรทัดปาดผิวหน้าให้เรียบ แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน แล้วเลือกเก็บสองส่วนที่อยู่ตรงข้าม เช่น ส่วนที่ 1 กับ ส่วนที่ 4 หรือส่วนที่2 กับส่วนที่ 3 ดังภาพ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จน ได้ตัวอย่างตามปริมาณที่ต้องการสำหรับการตรวจสอบโดยทั่วไปควรเก็บไว้ประมาณครึ่งกิโลกรัมหรือ 200 ถึง 300 กรัมเป็นอย่างน้อย

1	2
3	4

100639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหาสัตว์ ใช้ขวดพลาสติกหรือขวดแก้วที่สะอาดและฝาปิดก็ควรเป็นพลาสติกไม่ควรใช้ฝาโลหะเพราะมักเป็นสนิมได้ง่าย ขวดแก้วที่นำมาบรรจุตัวอย่างนี้มี 2 ขนาดขวดที่ใหญ่กว่าใส่ตัวอย่างที่บดแล้ว ส่วนขวดที่เล็กกว่าใส่ตัวอย่างที่เก็บมาโดยยังไม่ได้ทำการบดเพื่อนำมาทำการศึกษาทางกายภาพโดยการส่องกล้องจุลทรรศน์

1.3 การปิดฉลากภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง เมื่อเก็บตัวอย่างได้ครบตามจุดประสงค์แล้วใช้กระดาษหนาตัดเป็นแผ่นปิดที่ภาชนะบรรจุทั้งขวดและฝาปิดโดยข้อมูลที่ฉลากจะระบุข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับตัวอย่างนั้นไว้ เช่น ชื่อตัวอย่าง เลขที่หรือรหัสของตัวอย่าง วัน เดือน ปีที่เก็บ สถานที่เก็บเป็นต้น ในกรณีที่เป็นการตรวจสอบที่ต้องใช้ผลทางกฎหมาย หรือการตกลงราคาควรมีการลงชื่อผู้เก็บตัวอย่างและพยานด้วย และต้องมีตัวอย่างเก็บไว้ 2 ตัว ส่วนหนึ่งส่งวิเคราะห์หรือตรวจสอบ อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้เป็นหลักฐาน หรือในกรณีที่ตัวอย่างสูญหายจะได้มีไว้ทดแทน นอกจากนี้ในการเก็บตัวอย่างควรมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ วันเดือน ปีที่เก็บ ลำดับที่หรือรหัสตัวอย่าง ชื่อวัตถุดิบ ชื่อผู้ขาย แลละสิ่งที่ต้องการตรวจสอบเป็นต้น

1.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง การเก็บรักษาตัวอย่างสำหรับ การตรวจสอบมีความสำคัญมาก หากเก็บไม่ถูกต้องจะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม ซึ่งอาจมีผลทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงซึ่งจะส่งผลต่อการคำนวณสูตรอาหารและการตกลงราคาด้วย การเก็บตัวอย่างควรเก็บในที่แห้งและเย็นดังนั้นจึงควรเก็บในห้องปรับอากาศหรือเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จึงทำให้สามารถเก็บตัวอย่างไว้ได้นานกว่าในอุณหภูมิห้องปกติ แต่ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นวัตถุที่มีความชื้นสูง พืชหมักพืชสด หรือตัวอย่างที่เป็นของเหลว ต้องเก็บรักษาไว้ช่องแช่แข็งของตู้เย็นโดยเร็วที่สุดหลังเก็บตัวอย่างเพราะตัวอย่างพวกนี้จะเสื่อมคุณภาพเร็วมากในอุณหภูมิปกติ

ข้อควรระวัง อย่าให้มีการปะปนของวัตถุดิบอื่นมาในตัวอย่างที่เก็บ และอย่าให้มีการแยกส่วนของตัวอย่างขณะที่สุ่มหรือลดขนาดตัวอย่าง

1.5 อายุการเก็บตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บไว้ในที่แห้งและเย็นจะเก็บไว้ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 6 เดือน แต่ถ้าจะให้ผลดีควรใช้ตัวอย่างที่เก็บ ไว้ไม่เกิน 4 เดือนสำหรับการวิเคราะห์หรือตรวจสอบคุณภาพส่วนตัวอย่างที่ตรวจสอบแล้วอย่ารีบนำไปทิ้ง ควรเก็บไว้อีกประมาณ 2 เดือนหากมีปัญหาเกิดขึ้นจะได้นำมาตรวจสอบเพื่อยืนยันผลได้อีก

2 การศึกษาคุณค่าทางอาหารโดยวิธีทางเคมี

นำตัวอย่างอาหารสัตว์ไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยใช้วิธี การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ (Proximate Analysis of Feed) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (1990) โดยแต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์อย่างละ 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์หาโภชนะ 6 ชนิดคือ

1 ความชื้น (Moisture)

2 โปรตีน (Crude protein)

3. ไขมัน (Ether extract)

4. เยื่อใย (Crude fiber)

5. เถ้า (Ash)

6. ไนโตรเจนฟรีเอ็กซแทรก (Nitrogen Free extract หรือ NFE)

2.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (Mositure) หรือน้ำ

วิธีวิเคราะห์ แบบ Drying methods

1. บดตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ต้องการวิเคราะห์ให้มีขนาดประมาณ 20-30 เมส (mesh)

2. นำถ้วยอาหารสำหรับใส่ตัวอย่างวิเคราะห์หาความชื้น (weighing bottle) ที่ล้างสะอาดและเช็ดให้แห้งแล้วมาอบในตู้อบแห้ง (dry over) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถอบแห้ง (desiccator) ปล่อยให้เย็น นำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน

3. ชั่งตัวอย่างอาหารสัตว์ประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วย จดน้ำหนักแล้วนำเข้าอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4. นำถ้วยที่มีตัวอย่างอาหารสัตว์ออกจากตู้อบแห้ง ใส่ในโถอบแห้งปล่อยให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปก็คือ ปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(A-B)\times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างสัตว์ก่อนการอบ

B = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์หลังการอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์

2.2 การวิเคราะห์หาโปรตีน

วิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Gerhardt (Kjidatherm ; Vapdest 2)

1. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ใส่ลูกแก้ว 1 ลูก และ Catalyst mixture 5 กรัม
3. ใส่กรดซัลฟุริคเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตาย่อย (โดยครั้งแรกใช้ไฟอ่อน 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงเร่งไฟให้มีความร้อนสูงขึ้นถึง 380-400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายในหลอดสีฟ้าใส)
4. ปิดสวิทซ์ไฟแล้ว ยกชุดหลอดย่อยวางไว้เหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปใส่ในที่สำหรับกลั่น
5. เมื่อสารละลายเย็นตัวแล้ว เติมกลั่น 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปใส่ในที่สำหรับกลั่น
6. นำ Boric 4 % ที่เตรียมไว้ใส่ใน Erlenmeyer Flask 500 มิลลิลิตร ประมาณ 75 มิลลิลิตร
7. เติม Mix indicator 2-3 หยด นำไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น Vapodest 2 ให้ปลาย Condenser จุ่มสารละลาย Boric ในฟลาส
8. ดำเนินการกลั่น ดังขั้นตอนต่อไปนี้
   8.1 เสียบปลั๊กเครื่องกลั่น Vapodest 2, เปิด Power Switch ไฟเขียวจะสว่างขึ้น
   8.2 เปิดน้ำเพื่อให้ไหลหล่อ Conderser ไฟตำแหน่ง Cooling สีเหลืองจะดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 เลือกไอน้ำที่ใช้กลั่นโดยกดปุ่ม Stream ไปที่ตำแหน่ง high

8.4 กดปุ่ม add NaOH จะเป็นการเติมด่างในหลอดย่อย ที่ต้องการกลั่น เติมจนได้สารละลายเป็นสีน้ำเงินเข้ม (ดูแผงสเกลถึงขีดประมาณ 120-150 มิลลิลิตร)

8.5 ดูไฟตำแหน่ง Start ถ้าไฟติดแล้วให้กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำการกลั่น ไฟตำแหน่ง distillation สีเหลืองจะติด ให้ทำการกลั่นประมาณ 3 นาที (โดยดูให้สารละลายในฟลาสที่ใส่กรดบอริกไว้มีปริมาณเพิ่มขึ้น 175 มิลลิลิตร หรือทดสอบด้วยกระดาษ litmus สีแดงถ้าไม่เปลี่ยนสีแสดงว่าเก็บก๊าซหมดแล้ว

8.6 กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการกลั่น ลดฟลาสลง ชะปลายที่จุ่มอยู่ด้วยน้ำกลั่น

9. ทำ blank วิธีการเดียวกันที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้งหมด โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้งหมด (Crude protein)} = \frac{1.4\,(V1-V2)\,N \times 6.25}{W}$$

ในเมื่อ N = ความเข้มข้นเป็น normal ของ กรดซัลฟิวริก

W = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

V1 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

V2 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในอาหารสัตว์

วิธีการวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องสกัดไขมันแบบ LABCONGO GOLDFISCH

1. นำบีกเกอร์ (beaker) สำหรับหาไขมันที่ล้างสะอาด และเช็ดให้แห้งแล้วมาอบในตู้อบ (drying oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

2. นำบีกเกอร์ออกจากตู้อบใส่ในโถอบแห้ง (desiccator) ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ลงใน extraction thimble นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง

4. ใส่ทิมเบิ้ลลงใน pyrex sample tube แล้วต่อเข้ากับโฮลดิ้ง คลิบ (holding clipe) ของเครื่องสกัด ไขมันแบบโกลฟิสช์

5. ใส่ Diethyl ether ลงในบีกเกอร์ ประมาณ 25-30 มิลลิลิตร แล้วนำมาต่อเข้ากับเครื่องให้เข้าที่

6. เปิดน้ำเย็นให้ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (condencer) ตลอดเวลา

7. เปิดสวิทซ์ให้ความร้อน โดยใช้ความร้อนต่ำ (low) ใช้เวลาในหารสกัด 4-6 ชั่วโมง สังเกตได้จากสารละลายที่ไหลออกจากทิมเบิ้ล ถ้าไม่มีแสดงว่าอีเทอร์สกัดไขมันหมดแล้ว

8. เมื่อสกัดเสร็จแล้ว นำเอา pyrex sample tube ออก แล้วเอาหลอดรีเคลมมิ่ง (reclaiming tube) ใส่แทนที่ ให้ความร้อน Diethye ether จะกลั่นและถูกเก็บอยู่ในหลอดรีเคลมิ่ง ส่วนไขมันจะอยู่ในบีกเกอร์

9. นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วเอาออกใส่โถอบแห้ง ปล่อยให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นภายหลังการสกัดตัวอย่างอาหารสัตว์คือ น้ำหนักของไขมัน

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(A-B)\times 100}{W}$$

A = น้ำหนักบีกเกอร์ +น้ำหนักไขมันหลังจากอบแห้ง

B = น้ำหนักบีกเกอร์

C = น้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การวิเคราะห์หาเยื่อใย (crude fiber)

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างอาหารภายหลังที่ได้วิเคราะห์หาไขมันเสร็จเรียบร้อย มาชั่งประมาณ 2-3 กรัมแล้วถ่ายลงในบิกเกอร์ (beaker) สำหรับวิเคราะห์หาเยื่อใยขนาด 600 มิลลิลิตร

2. ถ้าอาหารที่วิเคราะห์มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง หรือละเอียดมาก ๆ ให้ใส่ prepared asbestos1 กรัม แล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1.25% 200 มิลลิลิตร ต้มจนเดือด ถ้าอาหารมีฟองมากหรือต้มแล้วกระโดดมากให้หยด amtifoam 1 หยด และ bumping chip 2-3 ชิ้นลงไปด้วย นำเข้าเครื่องย่อยหาเยื่อใยที่มี condenser เพื่อควบคุมความเข้มข้นให้คงที่เป็นเวลา 30 นาที ระหว่างที่ย่อยให้เขย่าบีกเกอร์เป็นระยะๆเพื่อให้ส่วนของตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ติดอยู่ข้างบิกเกอร์ลงไปอยู่ในสารละลาย

3. รีบนำสารละลายออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองด้วยเครื่องกรอง หรือผ้าลินินบน buchner funnel ที่ต่อกับ filtering flask โดยอาศัย suction pump ช่วยล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดกรด

4. ถ่ายตะกอนกลับคืนลงในบีกเกอร์ใบเดิม เติมสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 % ลงไป 200 มิลลิลิตร และเอมิลแอลกอฮอล์ ประมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองนำบีกเกอร์ไปเข้าเครื่องย่อยนาน 30 นาที นับเวลาตั้งแต่สารละลายเริ่มเดือด ระหว่างที่ย่อยให้บีกเกอร์ลงไปอยู่ในสารละลาย

5. เมื่อย่อยตัวอย่างอาหารสัตว์ ครบ 30 นาที นำบีกเกอร์ที่มีสารละลายออกจากเครื่องย่อยแล้วกรองด้วยผ้าลินิน ล้างด้วยน้ำร้อน (90-100 องศาเซลเซียส) จนหมดด่าง เสร็จแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ประมาณ 20-25 มิลลิลิตร

6. ถ้าใช้ผ้าลินินกรองต้องถ่ายตะกอนออกจากผ้าใส่ลงใน crucible พยายามขูดตะกอนด้วยช้อน และspatula จากผ้าให้หมดเท่าที่จะกระทำได้ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ตะกอนหกหรือตกหล่นได้

7. นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

8. นำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

9. นำไปเผาเตาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นใน disiccator แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ เยื่อใย} = \frac{(A-B)\times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักกากที่ย่อยก่อนการเผา

B = น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักเถ้าหลังการเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง

2.5 การวิเคราะห์เถ้าทั้งหมด

วิธีการวิเคราะห์

1.เผาถ้วยกระเบื้อง (Crucible) ที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ550-600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเตาอบ แล้วชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2.เติมตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้อง ตัวอย่างนี้ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์หาความชื้น

3.เปิดพัดลมในตู้ดูดควันแล้วนำตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องไปเผาในตู้ดูดควันโดยใช้ Hot plat ใช้ไฟอ่อนเผาจนกระทั่งหมดควันแล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง เผาจนเถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน

4.นำตัวอย่างที่ไปเผาออกมาจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง} + \text{น้ำหนักเถ้า}) - (\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวิเคราะห์แคลเซี่ยม

วิธีการวิเคราะห์แคลเซี่ยมในอาหารด้วยวิธีโดยตรง

1. ชั่งตัวอย่างอาหารโดยให้มีแคลเซียมอยู่อย่างน้อย 5 มิลลิกรัม (ประมาณ 3 กรัม ของอาหาร) ลงใน crucible นำไปเผาบน hot plate จนแห้ง

2. แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผา โดยค่อยเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึง 550 องศาเซลเซียส ทำการเผาที่อุณหภูมิระดับนี้เป็นเวลานาน 3-4 ชั่วโมง

3. นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ชื้นด้วยกรดไนตริกโดยใช้แท่งแก้วค่อยๆ หยดแค่พอชื้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

4. นำกลับไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส อีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง ถ้าหากเถ้าที่ได้ยังไม่ขาวให้เติมกรดไนตริกอีก ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วเผาซ้ำอีกครั้งจนกระทั้งได้เถ้าสีขาว

5. เติมกรดเกลือ 50 % จำนวน 10 มิลลิลิตร (เพื่อเปลี่ยน CaO ให้เป็น $CaCl_2$) ลงในเถ้าใน crucible

6. นำไปตั้งบน hot phate ต้มเพื่อให้เถ้าละลายให้หมดใช้แท่งแก้วคน (ควรเปิดไฟอ่อนๆ ขนาดเบอร์ 1-1.5)

7. ถ่ายสารละลายที่ได้ลงใน Volumeyric Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ชะล้างเถ้าใน crucible ด้วยน้ำกลั่น (redistilled water) แล้วเทใส่ให้ได้ปริมาตรครบ 250 มิลลิลิตร

8. ใช้ pipette ดูดสารละลายมา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน beaker ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วหยด methyl red ลงไป1-2 หยด(จะเป็นกรดมีสีส้มออกแดง)ทำให้เป็นกลางด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์อย่างเข้มข้น (ประมาณ 2-3 หยด) จนสารละลายมีสีเหลืองอ่อน ๆ ของ methyl red

9. เติมกรดเกลือ 6N ลงไปจำนวน 1.5 มิลลิลิตร ยูเรีย จำนวน 5 กรัมและ ammonium oxalate 4 % จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงไปใน beaker (ถ้าหากมีตะกอนเกิดขึ้นควรใช้ตัวอย่างให้น้อยลง)

10.ปิด beaker ด้วยกระจกนาฬิกา นำไปต้มให้เดือดน้อย ๆ จนกระทั่งสารละลายใน beaker เปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีขาว แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

11.กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยแอมโมเนียเจือจางไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนหมด oxalate (ทดสอบ โดยหยด $CaCl_2$ในน้ำล้างถ้ายังเกิดตะกอนแสดงว่า oxalate ยังไม่หมด) ที่เหลือบนกระดาษกรองคือตะกอน CaC_2O_4 (calcium oxalate)

12.เอา beaker ใบเดิมที่ใช้ตกตะกอน ลองใต้กระดาษกรองเจาะกระดาษกรองให้เป็นรู ล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดตะกอนแล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น จำนวน 2.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นบน hot phate ที่ 85 องศาเซลเซียส (เพื่อเร่งปฏิกริยา)

13.นำมาไตเตรทกับ potassium permanganate 0.05N จนสารละลายมีสีชมพูจาง ๆ ปรากฏอยู่ได้นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาทีแสดงว่าถึงจุด end point (กระดาษกรองที่เก็บไว้ ไว้ใส่เมื่อเลยจุด end point)

การคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์แคลเซี่ยม

1 ml ของ 0.05N $KmnO_4$ = 0.001 กรัมของแคลเซี่ยม

$$\% \text{ แคลเซี่ยม} = \frac{ml \times 0.001 \times 100 \times 5}{W}$$

ml = จำนวนของด่างทับทิมที่ไตเตรท

W = น้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์

หมายเหตุ ถ้าหากอาหารมี % Ca มากควรใช้ $(NH_4)C_2O_4$ sat.

2.7 การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส

วิธีวิเคราะห์โดยวิธี Spectrotometry

1.เตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 นำถ้วยกระเบื้องที่มีเถ้า ที่ทราบน้ำหนักแล้วจากการวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมดมาถ่ายทั้งหมดในบีกเกอร์ (beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือเจือจาง 10 % (น้ำหนัก / น้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะ 1.050) 10 มิลลิลิตร

1.2 เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ประมาณ 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นลงไป 5 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง (graduate or measuring cylinder)

1.3 นำไปต้มบนเตาไฟ (hot plate) ด้วยไฟอ่อน ๆ ระเหยน้ำให้เหลือประมาณ 50 มิลลิลิตร ซึ่งจะใช้เวลานานประมาณ 2-3 ชั่วโมง

1.4 กรองตะกอนเถ้าที่เหลือด้วย กระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 42 ใส่ขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนจากบีกเกอร์ลงบนกระดาษกรอง โดยใช้แท่งแก้วคนช่วยในการให้ตะกอนที่ติดข้างบีกเกอร์

1.5 เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตร จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำไว้วิเคราะห์ฟอสฟอรัส

2. เตรียมกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard curve for phosphorus)

test tube number	standard solu. ml.	Molybdovanadate Reagent, ml.	น้ำกลั่น ml.
1,2	1	2	7
3,4	2	2	6
5,6	3	2	5
7,8	4	2	4
9,10	5	2	3
11,12	6	2	2
13,14	7	2	1
15,16	8	2	-
Blank	-	2	8

ในการทดลองนี้เขียนเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสโดยให้ค่าของ% transmittance อยู่บนแกน X และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่บนแกน Y ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2

3. เขย่าหลอดแก้วทุกหลอดให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองรีบนำไปอ่านค่า % transmittace จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ 400 mu โดยใช้ Blank เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน

4. ตัวอย่างอาหารถ้าฟอสฟอรัสสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป (จะต้องอยู่ในช่วงของ

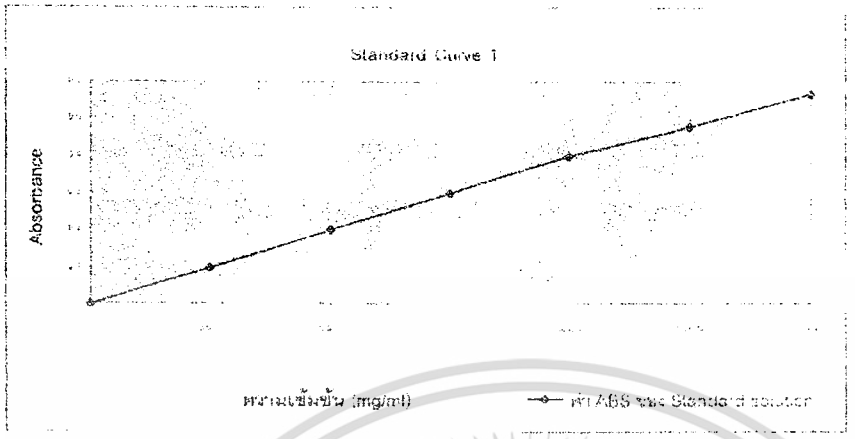
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standard curve) เราก็สามารถปรับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างให้เหมาะสมได้ โดยทำให้เจือจางลงหรือเข้มข้นก็ได้

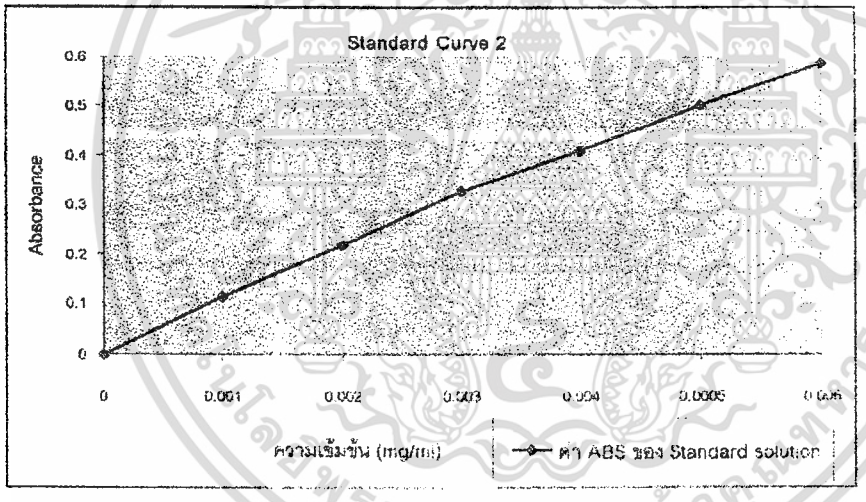
การคำนวณ (ตัวอย่าง)

1. น้ำหนักของอาหารแห้งที่เป็นตัวอย่าง (มันสำปะหลัง) = 3.0001 กรัม
2. น้ำหนักนี้ถูกเผาจนเป็นเถ้าแล้วเจือจางจนมีปริมาณ 250 มล. ต่อมา 10 มล. ของสารละลายนี้ ถูกเจือจางจนมีปริมาตร 100 มล.
3. ฉะนั้น น้ำหนักของตัวอย่าง กรัม/มิลลิลิตร $= \frac{3.0001 \times 10}{250 \times 100}$ กรัม
4. ใช้สารละลายที่เจือจางนี้มา 3 มิลลิลิตรมาวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส
   ฉะนั้นในสารละลาย 3 มิลลิลิตร มีเนื้อสาร $= \frac{3.0001 \times 3}{250 \times 10}$ กรัม
5. จากเส้นกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสอ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารจากสารละลาย 3 มิลลิลิตร ได้ = 0.113 มิลลิกรัม
6. น้ำหนักของตัวอย่าง $= \frac{3.0001 \times 3 \times 1000}{2500}$ กรัม
   $= 3.6$ มิลลิกรัม
7. เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในตัวอย่างแห้ง
   $= \frac{0.113 \times 100}{3.6}$
   $= 3.14\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 Stand Curve 1



ภาพที่ 2 Standard Curve 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การหา Nitrogen-free extract (NFE)

การหา NFE หรือคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้นี้ มักไม่ใช้ในการวิเคราะห์ แต่จะหาได้โดยการคำนวณ โดยเอาเปอร์เซ็นต์ของโภชนะอื่น ๆ ทั้งหมดคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า มารวมกันแล้วหักออกจาก100 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรทที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร

% NFE = 100- (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน +%เยื่อใย +% เถ้า)

3. วิธีการตรวจสอบวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ

1. การใช้ประสาทสัมผัส

1.1 การใช้มือสัมผัส เพื่อตรวจดูความชื้น ลักษณะเนื้อวัตถุดิบอาหาร การจับตัวเป็นก้อนความหนักเบาของวัตถุดิบอาหาร

1.2 การใช้สายตา พิจารณาดู รูปร่าง สี ขนาด ความเก่าใหม่ สิ่งเจือปน ความสกปรก การทำลายของแมลง เชื้อรา

1.3 การใช้จมูกดมกลิ่น ดูความสดใหม่ของวัตถุดิบ มีกลิ่นเหม็นเน่า บูด เปรี้ยว ฉุน หืน อับ ซึ่งจะเกิดจากเชื้อรา การเก็บตัวอย่างไว้นาน หรืออาจเกิดจากสารเคมี

1.4 การใช้ลิ้นสัมผัส ชิมรสเพื่อตรวจสอบรสชาติ สามารถบอกความสุกดิบ

2. วิธีการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

2.1 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่บดแล้ว นำมาร่อนด้วยตะแกรงซึ่งช่วยแยกตัวอย่างออกเป็นส่วนหยาบ และส่วนละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละส่วนไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปรับกำลังขยายของกล้องไปที่กลังขยายต่ำสุด แล้วทำการปรับระยะห่างของท่อกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 2 จนมองเห็นพื้นที่ฐานกล้องเป็นวงกลมเดียวกัน พร้อมกับปรับความคมชัดให้ดูเท่ากันทั้ง 2 ข้าง

2.3 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เตรียมไว้ ประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในจานแก้วเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายบาง ๆ ไปทั่วจานแก้ว แล้วนำไปวางที่ฐานกล้องปรับความชัดของภาพโดยหมุนเลื่อนระยะเลนส์วัตถุจนเห็นภาพได้ชัดเจน จากนั้นจึงเริ่มตรวจดูลักษณะของตัวอย่างโดยเริ่มมุมหนึ่งของจานแก้วดูไปจนทั่ว ถ้ายังมีตัวอย่างส่วนใดยังหนาเกินให้ใช้เข็มเขี่ยให้กระจายออก

2.4 ในขณะส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าพบวัตถุดิบที่สงสัย หรือไม่แน่ใจว่าเป็นชิ้นส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ให้ใช้คีมปลายแหลมคีบแยกออกมาให้ชัดเจนบีบวัตถุนั้นเพื่อตรวจสอบความแข็ง ความอ่อน และทำการทอสอบด้วยสารเคมีเพื่อความแน่ใจในการตรวจสอบมากยิ่งขึ้น

2.5 ทำการปรับกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ไปตามความเหมาะสมในขณะที่ส่องดูชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะของตัวอย่างวัตถุดิบ หรือสิ่งเข้ามาปน ถ้าหากพบว่าสิ่งที่เข้ามาปนอยู่ในปริมาณมาก แสดงว่าเป็นสิ่งที่ใช้ปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดนั้น แต่ถ้าพบบ้างไม่มากอาจจะเป็นสิ่งที่ปะปนเข้ามาได้โดยบังเอิญให้ถือว่าเป็นสิ่งปกติที่พบได้

2.6 สิ่งปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์มักถูกบดให้ละเอียด เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นการพบสิ่งปลอมปนจึงมักพบในส่วนละเอียด

3. การใช้เทคนิคทางเคมีเข้าช่วยในการตรวจสอบ

ในกรณีที่ไม่แน่ใจว่าวัตถุดิบ หรือสิ่งปลอมปนที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์นั้นเป็นอะไร จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคทางเคมีเข้าช่วย

3.1 เทคนิคการลอยตัวในสารละลาย (Flotation Techique) โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารต่างชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน สารที่หนาแน่นมากกว่าจะจมลงในสารละลายที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ส่วนสารที่มีความหน่าแน่นต่ำกว่าจะลอยขึ้นบนเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีความหนาแน่นมากกว่า วิธีการนี้นิยมใช้สารละลายคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachoride) เป็นตัวแยกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากกัน เนื่องจากสารละลายชนิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำและสารอินทรีย์ เช่น แป้ง เซลล์สัตว์ มีความหนาแน่นน้อยกว่าสารอินทรีย์ เช่น ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราย กระดูก เปลือกหอย หินฝุ่น ไดแคลเซียมฟอสเฟต และสารละลายที่ใช้ในการแยกนี้มีคุณสมบัติที่ระเหยได้ดี ทำให้ตัวอย่างที่แยกได้แห้งเร็ว สะดวกในการนำไปส่องกล้องโดยชั่งตัวอย่างวัตถุดิบอาหารประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเทสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ลงในหลอดทดลองประมาณ 9/10 ของหลอดทดลอง เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างเด่นชัดเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงคือเกิดการแยกชั้นแล้ว ทำการกรองแยกทั้ง 2 ส่วนออกจากกันใส่กระดาษกรอง ปล่อยทิ้งไว้ให้สารคาร์บอนเตตระคลอไรด์ระเหยออกจากตัวอย่างวัตถุดิบจนหมด จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าตู้ดูดความชื้นประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นไปชั่งน้ำหนักทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ส่วนจมของสารออินทรีย์และเปอร์เซ็นต์ส่วนลอยของสารอินทรีย์

3.2 การคำนวณหาปริมาณของสารอนินทรีย์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ส่วนจม} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนจม} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$

3.3 การทดสอบโดยการหยดสารเคมี (Chemical Spot Test) ในการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ถ้าสงสัย หรือไม่แน่ใจว่าวัตถุดิบนั้นคืออะไรให้ใช้คีมปลายแหลม คีบวัตถุดิบนั้นออกมาวางบนจานแก้ว แล้วหยดกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ลงไปบนตัวอย่างที่สงสัยถ้าเป็นสารพวกเปลือกหอย ปูนขาว หรือหินฝุ่น เมื่อหยดกรด จะเกิดฟองฟู่อย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นทรายจะไม่เกิดปฏิกริยา ถ้าเป็นเอ็นโดสเปิร์ม ของเมล็ดธัญญพืชจะเกิดการพองตัว ถ้าเป็นไดแคลเซียม ก้างปลา กระดูกป่น เมื่อหยดกรดจะเกิดฟองฟู่แต่ไม่เร็วมากนักแล้วหยดแอมโมเนียโมลิปเดท จะได้ตะกอนสีเหลือง ส่วนถ้าเป็นพวกเกลือแกง (NaCl)ให้หยดซิลเวอร์ไนเตท (AgNO3)10 เปอร์เซ็นต์ จะได้ตะกอนสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมทันทีท และ ถ้าพบวัตถุที่สงสัยเป็นกีบ เขา หรือ เจลลาติน ให้หยดกรด

อะซิติก ถ้าไม่มีปฏิกริยาใด ๆ แสดงว่าเป็นกีบ เขา ถ้าเกิดลักษณะอมน้ำเป็นวุ้นเหนียวใส มีเมือกพองออกมา แสดงว่าเป็นเจลลาติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การบันทึกผลการวิเคราะห์

1. บันทึกเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซี่ยมและฟอสฟอรัส ในแต่ละซ้ำ ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำ 2 ซ้ำด้วยกัน
2. นำผลการวิเคราะห์ในข้อ 1. มาหาค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังแต่ละตัวอย่าง
3. บันทึกลักษณะต่างๆและลักษณะเด่นของมันสำปะหลังที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์
4. บันทึกชนิดและลักษณะสิ่งปลอมปนหรือสิ่งจำกัดคุณภาพให้ต่ำลง
5. บันทึกภาพของลักษณะของมันสำปะหลังรวมทั้งสิ่งปลอมปนจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ
6. บันทึกผลที่ได้จากการใช้เทคนิคการลอยตัว วิธีการทดสอบทางเคมีด้วยการหยดสารเคมี
7. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากการตรวจสอบการปลอมปน

5.การรายงานผลการวิเคราะห์

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก แคลเซียมและฟอสฟอรัส ในแต่ละซ้ำ ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำ 2 ซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาทดลองจากแหล่งต่าง ๆ มีความผันแปรมากน้อยเพียงใด รายงานถึงชนิดของสิ่งปลอมปนและจำนวนตัวอย่างที่มีสิ่งปลอมปนเป็นร้อยละของตัวอย่างทั้งหมดเป็นเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์ที่มีในวัตถุดิบ

6.สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาคุณค่าอาหาร

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและคณะครุศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ระยะเวลาในการศึกษาและวิเคราะห์

เริ่มทั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2541ถึง เดือน 15 มีนาคม พ.ศ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังแสดงในตารางที่ 7 ดังนี้คือ

มันสำปะหลังมีความชื้นคือ 11.92 ± 3.17 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.45 - 16.70 %, โปรตีน 2.00 ± 0.46 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.18 - 3.12 %, ไขมัน 0.87 ± 1.07 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.04 - 4.33 %, เยื่อใย 1.81 ± 0.74 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.01 - 3.16 %, เถ้า 2.43 ± 1.45 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.21 - 6.46 %, แคลเซี่ยม 0.1514 ± 0.0760 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0710 - 0.3911 %, ฟอสฟอรัส 0.0712 ± 0.0361 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0227 - 0.1642 %, และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ 80.96 ± 3.44 % โดยมีค่าอยู่ในช่วง 76.56 - 86.80 %

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง จำนวน 15 ตัวอย่าง

ค่าทางสถิติ	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	เยื่อใย %	เถ้า %	แคลเซี่ยม %	ฟอสฟอรัส %	NEF %
ค่าเฉลี่ย	11.92	2.00	0.87	1.81	2.43	0.1514	0.0712	80.96
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน	3.17	0.46	1.07	0.74	1.45	0.0706	0.0316	3.44
ค่าสูงสุด	16.70	3.12	4.33	3.16	6.46	0.3911	0.1642	86.80
ค่าต่ำสุด	7.45	1.18	0.04	1.01	1.21	0.0710	0.0227	76.56

จากการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีพบว่าค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัสและ NFE มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของพูลศรี (2532) แต่ค่าความชื้นสูงกว่าถึง 1.58 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากกระบวนการในการทำให้แห้งรวมถึงการเก็บรักษาตัวอย่างที่แตกต่างกัน นอกจากนี้จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยมีค่าต่ำกว่ารายงานของคนอื่นๆ รวมทั้งของกรมปศุสัตว์ (2541) และจีระพร (2539) แสดงว่าตัวอย่างมันสำปะหลังที่นำมาศึกษามีปริมาณของก้าน เปลือก ปะปนมาน้อย ส่วนค่าความชื้น เปอร์เซ็นต์แคลเซี่ยมและเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส ยังมีค่าใกล้เคียงกับกรมปศุสัตว์ (2541) ซึ่งรายงานว่าในสภาพวัตถุแห้ง (air dry) มันเส้นมีความชื้น 11.84 เปอร์เซ็นต์ แคลเซี่ยม 0.19 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเยื่อใยมีค่า 2.26 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.32 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.72 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษานี้ เปอร์เซ็นต์เยื่อใยและเปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าน้อยกว่า แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันกลับมีค่าใกล้เคียงกัน เป็นเพราะว่าเปอร์เซ็นต์สารอนินทรีย์ของตัวอย่างต่ำและมีก้านเปลือกปะปนมาน้อยดังที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัสและ ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์มีค่าเท่ากับ 3.17 0.46 1.07 0.74 1.45 0.0760 0.0361 และ 3.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโภชนะของมันเส้นได้แก่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นและไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ มีค่าสูงกว่าโภชนะอื่นๆ ของมันเส้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากกระบวนการทำให้แห้งของวัตถุดิบที่มาจากแหล่งต่างๆมีคุณภาพต่างกัน ทำให้ค่าความชื้นที่ได้มีความผันแปรมาก ส่วนค่าไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ของมันสำปะหลังมีค่าสูงอยู่แล้วดังนั้นความผันแปรย่อมมีตัวเลขที่สูงตามไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับตัวอื่นๆแล้วจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไขมันซึ่งมีความผันแปรค่อนข้างสูงคือ 1.07 เปอร์เซ็นต์นั้นพบว่าตัวอย่างที่ 1215 มีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงถึง 4.33 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของไขมันสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ แต่ส่วนใหญ่ไขมันมีค่าไม่สูงนัก ดังแสดงในตารางที่ 8

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและสิ่งปลอมปน

ลักษณะของมันสำปะหลังที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์

1. Outer Epidermis เป็นส่วนของเปลือกด้านนอก มีผิวค่อนข้างหยาบย่น มีสีตั้งแต่สีครีม สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลแก่ ดังแสดงในภาพที่ 3

2. Cortical Region เป็นส่วนของแป้งอยู่ถัดจากชั้น Outer Epidermis เนื้อแป้งเกาะกันอยู่อย่างหลวมๆ สะท้อนแสงแวววาวคล้ายเพชร หรือเกล็ดน้ำตาลทราย มีสีขาวถึงสีขาวขุ่น พบเป็นส่วนประกอบหลักและเป็นลักษณะเด่นในมันสำปะหลังดังแสดงในภาพที่ 4

3. Central Pith เป็นส่วนของแป้งผสมกับเส้นใยอยู่ชั้นในสุดของมันเส้นมีสีขาว สีขาวขุ่นถึงสีครีม มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เมื่อนำมาบดจะยากต่อการสังเกต

จากการศึกษาพบราก ลำต้นและหินปะปนมาเล็กน้อย โดยลักษณะที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

ลักษณะของราก เห็นเป็นเส้นใยสีขาวขุ่นถึงสีครีม เนื้อแห้ง

ลักษณะของลำต้น เห็นเป็นแท่ง มีตั้งแต่สีขาวขุ่น สีครีม ถึงสีน้ำตาลบางครั้งเห็นส่วนของลำต้นเป็นข้อ ดังแสดงในภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของหิน มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าทรายและดินง่ายต่อการตรวจสอบมีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยมแข็ง สีเงินมัวๆ ทึบแสง ดังแสดงในภาพที่ 7

พบว่ามี 2 ตัวอย่าง ที่มีการปลอมปนด้วยเปลือก และดิน คิดเป็น 13.33 เปอร์เซ็นต์หรือ 2 ตัวอย่างจากมันสำปะหลังทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณส่วนจมมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ คือ 2.18 – 2.85 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 8

ลักษณะของเปลือก ในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง จะเห็นเป็นสีครีม สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลแก่ ผิวค่อนข้างหยาบ ย่น ในกรณีที่เปลือกมีอายุมากจะมีเยื่อใยมากและหนากว่าปกติ ดังแสดงในภาพที่ 6

ลักษณะของดิน เป็นก้อนสีน้ำตาลอ่อนถึงสีดำร่วน

ผลการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ในมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์มันสำปะหลังด้วยเทคนิคการลอยตัวเมื่อตรวจสอบสิ่งปลอมปนที่เป็นสารอนินทรีย์พบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีวัตถุส่วนจมเพียงเล็กน้อย เมื่อนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์และทดสอบด้วยสารเคมีแล้ว พบว่าเป็นดินและทรายมีปริมาณน้อยเมื่อนำมาคิดเป็นอัตราเปอร์เซ็นต์ส่วนจมมีค่าเฉลี่ย 1.15 $\pm$ 0.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าอยู่ในช่วง 0.35 - 2.85 เปอร์เซ็นต์และมีเพียง 2 ตัวอย่างคิดเป็น 13.33 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างมันสำปะหลังทั้งหมด 15 ตัวอย่างซึ่งมีส่วนจมสูง ซึ่งตะกอนเหล่านี้อาจติดมาจากลานตากมันโดยความไม่ตั้งใจ สรุปได้ว่ามันสำปะหลังที่นำมาทดสอบนี้ส่วนใหญ่มีคุณภาพดีสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ แต่ควรระมัดระวังตรวจสอบความชื้นเนื่องจากมีความผันแปรสูงกว่าโภชนะอื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบของมันเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังเรียงตามลำดับค่าสูงสุดของโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ของสารอนินทรีย์

รหัสตัวอย่าง	ความชื้น %	โปรตีน %	ไขมัน %	ฟอสฟอรัส %	เยื่อใย %	แคลเซี่ยม %	เถ้า %	NFE %	จม %	สิ่งปลอมปน
1203	8.10	1.18	1.82	0.0472	1.19	0.3911	2.36	85.35	1.70	-
1208	8.53	1.18	0.10	0.0642	1.79	0.1333	1.60	86.80	1.40	-
1207	9.66	1.70	0.07	0.0580	1.01	0.0897	2.75	84.81	2.18	ดิน เปลือก
1202	7.45	1.80	0.61	0.0854	1.08	0.2082	4.65	84.41	1.46	-
1211	16.70	1.91	0.29	0.0657	2.20	0.1000	1.34	77.56	0.44	-
1206	14.89	1.95	0.63	0.0810	1.13	0.1178	2.01	79.39	2.85	ดิน เปลือก
1209	16.04	1.96	1.37	0.0600	2.68	0.1286	1.39	76.56	1.24	-
1212	13.99	2.04	0.49	0.0605	2.21	0.0924	1.21	80.06	0.38	-
1205	10.98	2.07	0.98	0.0227	1.60	0.1357	3.18	81.19	1.50	-
1215	13.04	2.07	4.33	0.1642	1.08	0.1833	2.12	77.36	0.39	-
1201	9.84	2.16	0.77	0.0948	3.07	0.1667	6.46	77.70	0.54	-
1210	12.57	2.21	0.37	0.0241	3.16	0.1581	1.31	80.38	0.67	-
1204	10.76	2.26	0.63	0.0431	2.00	0.0710	2.92	81.43	1.55	-
1213	16.70	2.36	0.60	0.0784	1.92	0.1374	1.40	77.62	0.64	-
1214	9.57	3.12	0.04	0.1188	1.09	0.1583	1.81	84.37	0.35	-
ค่าเฉลี่ย	11.92	2.00	0.87	0.0712	1.81	0.15144	2.43	80.96	1.15	-
ค่า SD	3.17	0.46	1.07	0.0361	0.74	0.0760	1.45	3.44	0.75	-
ค่า max	16.70	3.12	4.33	0.1642	3.16	0.3911	6.46	86.80	2.85	-
ค่า min	7.45	1.18	0.04	0.0227	1.01	0.071	1.21	76.56	0.35	-

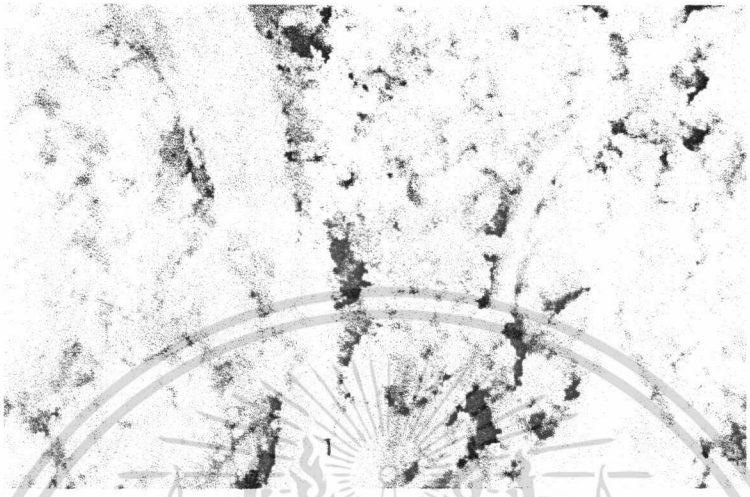
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของมันเส้นจากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่าแสดง

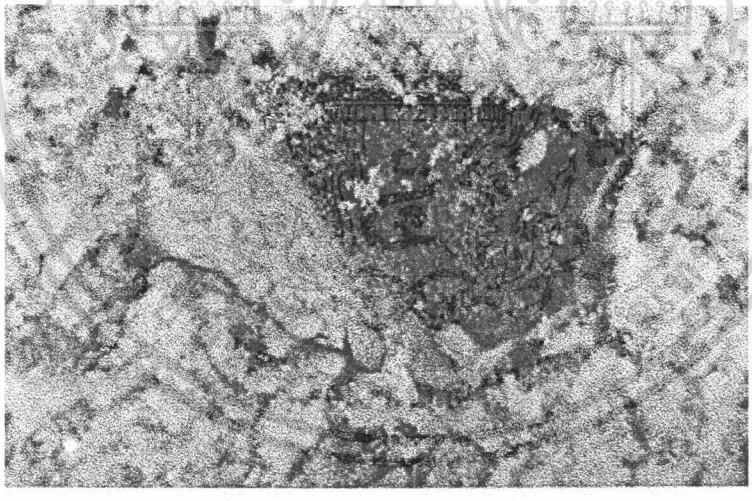
1. Outer Epidermis 2. Cortial Region

ภาพที่ 4 ลักษณะทั่วไปของ Cortical Region จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 40 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

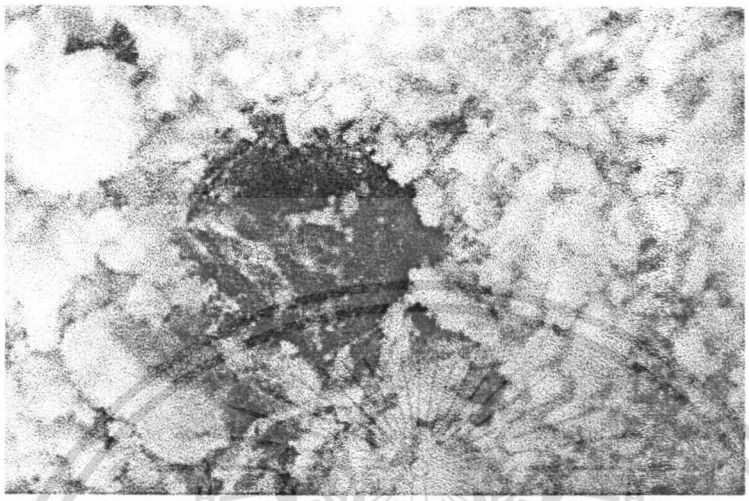


ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของลำต้น จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 20 เท่า แสดง 1 ลำต้น



ภาพที่ 6 ลักษณะทั่วไปของเปลือกในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า แสดง 1 เปลือกในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ลักษณะทั่วไปของหิน จากกำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ 15 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและสิ่งปลอมปนของมันสำปะหลังได้ผลดังนี้

1. มันสำปะหลังมีความชื้น 11.92 ± 3.17 %, โปรตีน 2.00 ± 0.46 %, ไขมัน 0.87 ± 1.07 %, เยื่อใย 1.81 ± 0.74 %, เถ้า 2.43 ± 1.45 %, แคลเซี่ยม 0.1514 ± 0.0706 %, ฟอสฟอรัส 0.0712 ± 0.0316 %, และไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ 80.96 ± 3.44 %

2. พบราก ใบและลำต้นปะปนมาบ้าง มีการปลอมปนด้วยเปลือก 2 ตัวอย่างและจากเทคนิคการลอยตัวพบว่ามีสารอนินทรีย์ตกตะกอนอยู่มีค่าเฉลี่ย 1.15 ± 0.75 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีตัวอย่างที่มีดินและทรายค่อนข้างสูงและเป็นตัวอย่างเดียวกับที่ปลอมปนด้วยเปลือก หรือคิดเป็น 13.33 เปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างมันสำปะหลัง ทั้งหมด 15 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 2541. ตารางคุณค่าทางอาหาร. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 17 น.

จีระพร สังขเวทัย. 2539. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางประเภท. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 56 น.

นันทวัน อารยะรังสฤษฎ์. 2532. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. ข่าวกองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. 11(3) : 14-16.

นันทวัน อารยะรังสฤษฎ์. 2535. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 13 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 178 น.

พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2534. การคำนวณสูตรอาหารและเทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 269 น.

พานิช ทินนิมิตร. 2535. โภชนาศาสตร์สัตว์ประยุกต์ (ฉบับปรับปรุงใหม่). ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 253 น.

พิชัย สราญรมย์. 2528. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมันสำปะหลังสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี

พูลศรี ศุกระรุจิ. 2532. การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบบประมาณ. เอกสารวิชาการเลขที่ 1301 - 1832. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 43 น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2523. การใช้มันสำปะหลังเลี้ยงสุกร. เอกสารรวบรวมผลงานวิจัยฉบับที่ 2.

วิชาญ จงเลขา. 2511. การศึกษาการขุนโคเนื้อ การใช้ยูเรียผสมมันเส้นเป็นอาหารเติบโตและขุนโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วิบูลวรรณ วรรณโมลี. 2530. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารแกะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรีสกุล วรจันทรา. 2528. การคำนวณสูตรอาหารและเทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 399 น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2540. ปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 79 น.

สาโรช ค้าเจริญ และ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2528. การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์, สุกร เป็ด และ ไก่. วารสารเผยแพร่ฉบับที่ 1. ชุมชนสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกร จำกัด, กรุงเทพมหานคร.

สาโรช ค้าเจริญ และ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2539. การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. สาส์นไก่. 34(5) : 15 - 27.

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2527. อาหารสัตว์เบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 254 น.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2529. การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์. สุกรสาสน์. 13(50) : 19 - 20.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2530. วัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้และการตรวจอบคุณภาพ. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 1. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, นครปฐม.

อุทัย คันโช. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 297 น.

AOAC. (Asociation of offial Analytical Chemist). 1990. Offcial Method of Analytical Chemist. 14 the ed. Washington D.C. 227 p.

Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1967. The value of cassava root meal for chicks. Poult. Sci. 46 : 622 - 626.

Jowanan Khajarern, Duangsmorn Sinchermsiri, Ankana Hanbunchong and Uthai Kanto. 1987. Manual of feed Microscopy and Quality Control. Kasetsart University, 162 p.

Montgomery, R. D. 1965. The medical significance of cyanogenic in plant foodstuffs. Amer. Lour. Olin. Nutri. 17 : 103 -113.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลัง

รหัสตัวอย่าง	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	ฟอสฟอรัส	เยื่อใย	แคลเซี่ยม	เถ้า	NFE
		%	%	%	%	%	%	
1201	9.84	2.16	0.77	0.0948	3.07	0.1667	6.46	77.70
1202	7.45	1.80	0.61	0.0854	1.08	0.2082	4.65	84.41
1203	8.10	1.18	1.82	0.0472	1.19	0.3911	2.36	85.35
1204	10.76	2.26	0.63	0.0431	2.00	0.0710	2.92	81.43
1205	10.98	2.07	0.98	0.0227	1.60	0.1357	3.18	81.19
1206	14.89	1.95	0.63	0.0810	1.13	0.1178	2.01	79.39
1207	9.66	1.70	0.07	0.0580	1.01	0.0897	2.75	84.81
1208	8.53	1.18	0.10	0.0642	1.79	0.1333	1.60	86.80
1209	16.04	1.96	1.37	0.0600	2.68	0.1286	1.39	76.56
1210	12.57	2.21	0.37	0.0241	3.16	0.1581	1.31	80.38
1211	16.70	1.91	0.29	0.0657	2.20	0.1000	1.34	77.56
1212	13.99	2.04	0.49	0.0605	2.21	0.0924	1.21	80.06
1213	16.70	2.36	0.60	0.0784	1.92	0.1374	1.40	77.62
1214	9.57	3.12	0.04	0.1188	1.09	0.1583	1.81	84.37
1215	13.04	2.07	4.33	0.1642	1.08	0.1833	2.12	77.36
ค่าเฉลี่ย	11.92	2.00	0.87	0.0712	1.81	0.15144	2.43	80.96
ค่า SD	3.17	0.46	1.07	0.0361	0.74	0.0760	1.45	3.44
ค่า max	16.70	3.12	4.33	0.1642	3.16	0.3911	6.46	86.80
ค่า min	7.45	1.18	0.04	0.0227	1.01	0.071	1.21	76.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังโดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเรียงตามระดับค่าสูงสุดโปรตีน

รหัสตัวอย่าง	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	ฟอสฟอรัส	เยื่อใย	แคลเซี่ยม	เถ้า	NFE
		%	%	%	%	%	%	
1203	8.10	1.18	1.82	0.0472	1.19	0.3911	2.36	85.35
1208	8.53	1.18	0.10	0.0642	1.79	0.1333	1.60	86.80
1207	9.66	1.70	0.07	0.0580	1.01	0.0897	2.75	84.81
1202	7.45	1.80	0.61	0.0854	1.08	0.2082	4.65	84.41
1211	16.70	1.91	0.29	0.0657	2.20	0.1000	1.34	77.56
1206	14.89	1.95	0.63	0.0810	1.13	0.1178	2.01	79.39
1209	16.04	1.96	1.37	0.0600	2.68	0.1286	1.39	76.56
1212	13.99	2.04	0.49	0.0605	2.21	0.0924	1.21	80.06
1205	10.98	2.07	0.98	0.0227	1.60	0.1357	3.18	81.19
1215	13.04	2.07	4.33	0.1642	1.08	0.1833	2.12	77.36
1201	9.84	2.16	0.77	0.0948	3.07	0.1667	6.46	77.70
1210	12.57	2.21	0.37	0.0241	3.16	0.1581	1.31	80.38
1204	10.76	2.26	0.63	0.0431	2.00	0.0710	2.92	81.43
1213	16.70	2.36	0.60	0.0784	1.92	0.1374	1.40	77.62
1214	9.57	3.12	0.04	0.1188	1.09	0.1583	1.81	84.37
ค่าเฉลี่ย	11.92	2.00	0.87	0.0712	1.81	0.15144	2.43	80.96
ค่า SD	3.17	0.46	1.07	0.0361	0.74	0.0760	1.45	3.44
ค่า max	16.70	3.12	4.33	0.1642	3.16	0.3911	6.46	86.80
ค่า min	7.45	1.18	0.04	0.0227	1.01	0.071	1.21	76.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณสารอนินทรีย์เป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในมันสำปะหลังโดยวิธีการลอยตัวในสารละลาย

รหัส	เปอร์เซ็นต์จม	เปอร์เซ็นต์ลอย
1201	0.54	99.46
1202	1.46	98.54
1203	1.70	98.30
1204	1.55	98.45
1205	1.50	98.50
1206	2.85	97.15
1207	2.17	97.82
1208	1.40	98.60
1209	1.24	98.76
1210	0.67	99.33
1211	0.44	99.56
1212	0.38	99.62
1213	0.64	99.36
1214	0.35	99.65
1215	0.39	99.61
ค่าเฉลี่ย	1.15	98.85
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.75	0.75
ค่าสูงสุด	2.85	99.65
ค่าต่ำสุด	0.35	97.15

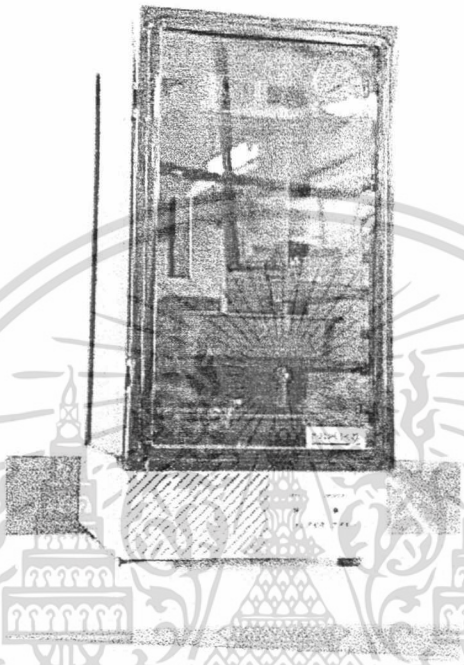
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ลักษณะการปลอมปนที่พบในมันสำปะหลัง

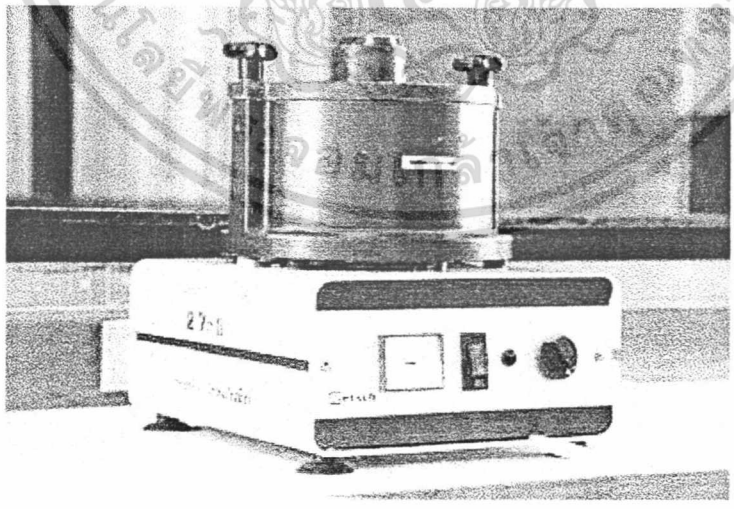
รหัสตัวอย่าง	ลักษณะการปลอมปน
1201	ลำต้น เปลือก ดิน ปกติ
1202	ดิน ปกติ
1203	ดิน ทราย ปกติ
1204	ใบ เปลือก ปกติ
1205	ดิน หิน ปกติ
1206	ดิน เปลือก พอสมควร
1207	ดิน เปลือก พอสมควร
1208	ราก เปลือก ดิน ปกติ
1209	ราก เปลือก ดิน ปกติ
1210	ราก เปลือก ดิน ปกติ
1211	ราก เปลือก ดิน ปกติ
1212	เปลือก ราก ใบ ปกติ
1213	ราก ก้าน ใบ ปกติ
1214	เปลือก ราก ใบ ดิน น้อยมาก
1215	เปลือก ราก ใบ ดิน น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือห้องปฏิบัติการ

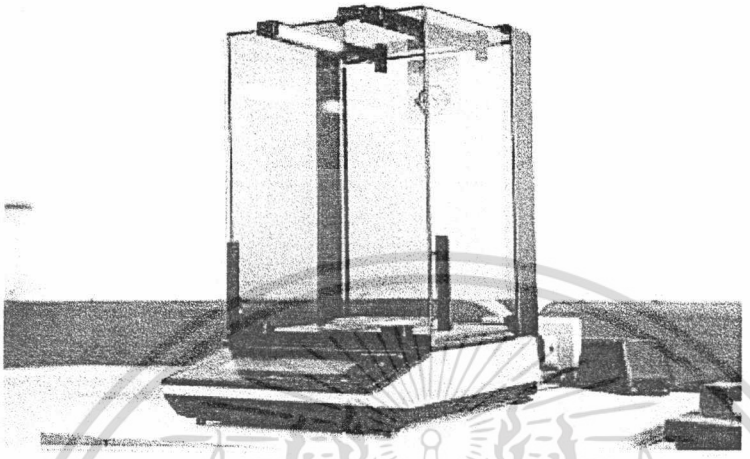


ภาพผนวกที่ 1 ตู้ดูดความชื้น (Desicator)

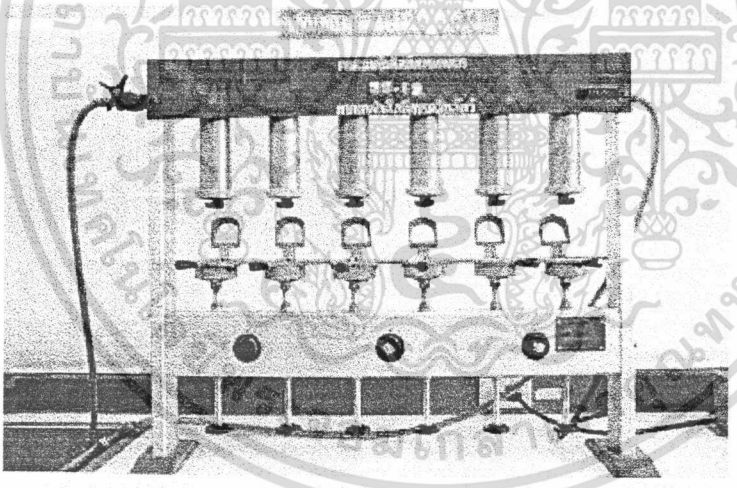


ภาพผนวกที่ 2 เครื่องบดตัวอย่างอาหาร (ultra centrifugal mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

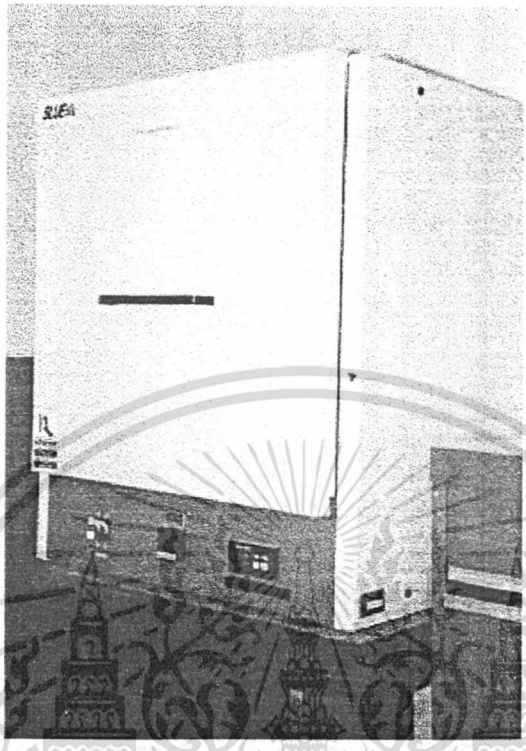


ภาพผนวกที่ 3 เครื่องชั่ง (Electronic Analytical Balance)

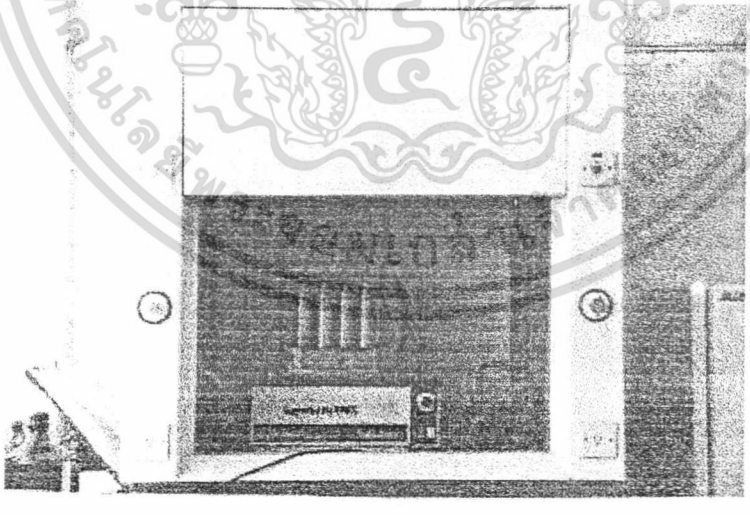


ภาพผนวกที่ 4 เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

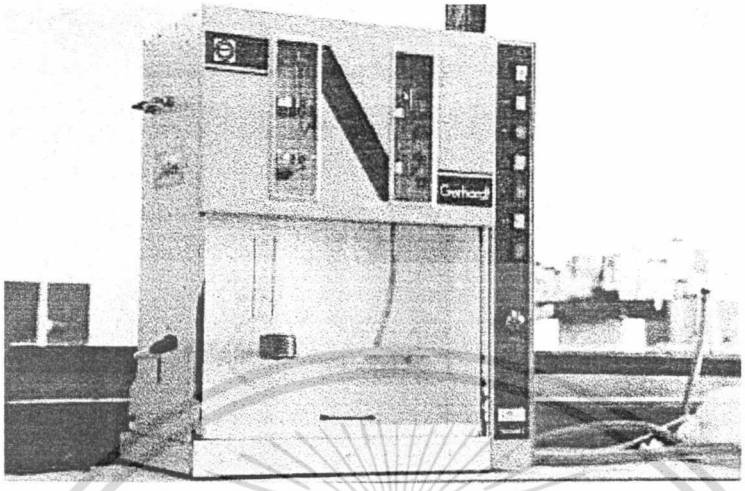


ภาพผนวกที่ 5 เตาเผา

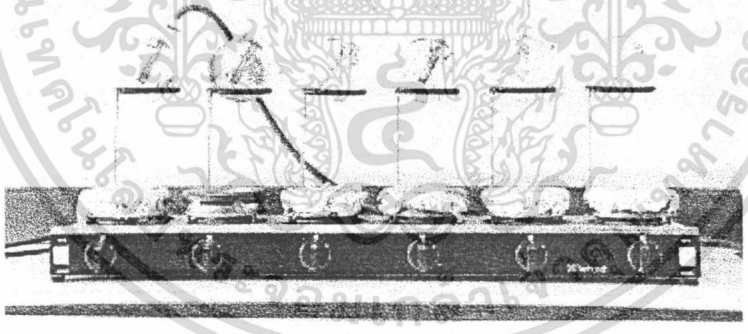


ภาพผนวกที่ 6 เครื่องย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

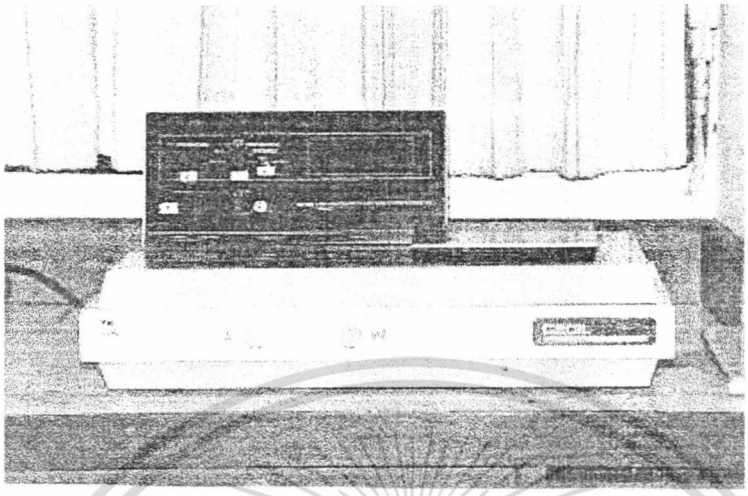


ภาพผนวกที่ 7 เครื่องกลั่น

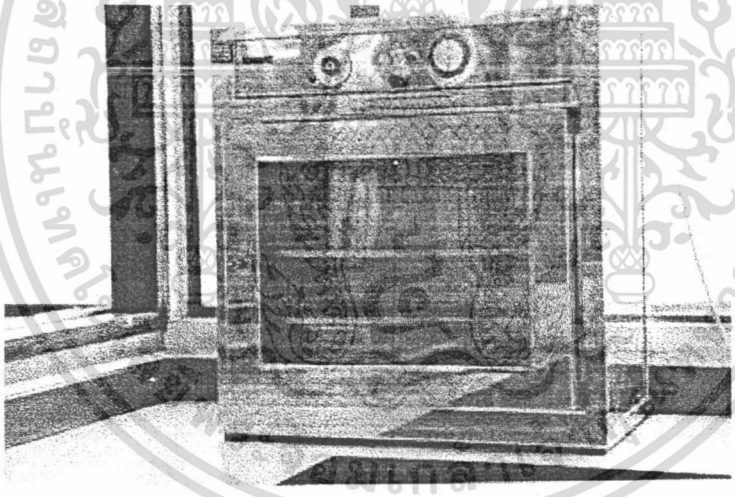


ภาพผนวกที่ 8 เครื่องมือวิเคราะห์หาเยื่อใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 เครื่อง Spectrophotcmetry



ภาพผนวกที่ 10 ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้