

การทวนสอบอันตรายทางกายภาพระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

PHISICAL HAZARD VALIDATION DURING POTATO CHIP PRODUCTION

นัฐกาญจน์ ฉายแผ้ว

NATTAKARN CHAIPEAW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

KMITL-2021-FI-M-054-387

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHISICAL HAZARD VALIDATION DURING POTATO CHIP PRODUCTION

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are three tiered, ornate structures resembling traditional Thai stupas or pagodas, each supported by a decorative base. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The text at the top reads 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง' (Mahavithayalai King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang) and the text at the bottom reads 'วิทยาลัยอุตสาหกรรมอาหารลาดกระบัง' (School of Food Industry Ladkrabang).

NATTAKARN CHAIPEAW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

SCHOOL OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2021

KMITL-2021-FI-M-054-387

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

FACULTY OF FOOD-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทวนสอบอันตรายทางกายภาพระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

นักศึกษา นางสาวนัฐกาญจน์ ฉายแผ้ว

รหัสประจำตัว 58608028

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

พ.ศ. 2564

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. อติศร เสวตวิวัฒน์

บทคัดย่อ

จากการตรวจสอบพบปัญหาเรื่องเรียนสิ่งแปลกปลอมในกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ประเภทสิ่งปนเปื้อนที่เป็นปัญหาอันตรายทางด้านกายภาพที่พบได้ในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบในจุดคัดแยก ได้แก่ หิน ดิน หินกรวด ข้าวมันฝรั่ง และเชือกพลาสติก โดยอันตรายประเภทหินพบได้มากที่สุด ณ ขั้นตอนเอ็กซ์เรย์ มีค่า DPMO (Defect Per Million Opportunities) หมายถึง จำนวนครั้งข้อร้องเรียนที่พบต่อ 1 ล้านครั้งมันฝรั่งที่ส่งผลิตไปเท่ากับ 66.5 และมีค่า Sigma Level เท่ากับ 3.9 จากการใช้มันฝรั่งแหล่งอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ผลการเก็บข้อมูลทุก 4 ชั่วโมงต่อรอบการผลิตเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 - 2563 ทำการประเมินที่มาของแหล่งอันตรายจากตัวอย่างที่พบได้ในขั้นตอนการผลิต รวบรวมข้อมูลจำนวนและวัดขนาดสิ่งแปลกปลอมที่พบ เพื่อทำการแยกชนิดอันตรายและปริมาณของสิ่งปลอมปนที่พบในแต่ละขั้นตอนคัดแยกอันตรายภายหลังขั้นตอนการล้าง จำนวน 4 จุด คือ ขั้นตอนตัดแต่ง ขั้นตอนคัดแยกสิ่งแปลกปลอมด้วยแท่งแม่เหล็ก ขั้นตอนคัดแยกด้วยเครื่องตรวจจับโลหะและขั้นตอนคัดแยกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ซึ่งสิ่งแปลกปลอมจากตัวอย่างที่ศึกษาตรวจพบได้ในทุกขั้นตอนโดยพบว่าสิ่งปนเปื้อนประเภทหินขนาดต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร (มม.) มากที่สุด จำนวน 116 ชิ้น พบหินและแผ่นมันฝรั่งนิ่ม ขนาดตั้งแต่ 2 - 10 มิลลิเมตร (มม.) จำนวน 43 ชิ้น และ 21 ชิ้น ตามลำดับ ทำการคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของอันตรายทางกายภาพที่พบได้ในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปดำเนินการทดสอบเพื่อทวนสอบหาประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของขั้นตอนสุดท้ายก่อนจำหน่ายโดยขั้นตอนเครื่องเอ็กซ์เรย์ ด้วยการใช้สิ่งเจือปนผสมปนไปกับแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบบรรจุถุง พบว่าในขั้นตอนคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในขั้นตอนเครื่องเอ็กซ์เรย์ ทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมประเภท ดิน หิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงที่สูง สิ่งแปลกปลอมประเภทเชือกพลาสติก มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 23.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 23.81 เปอร์เซ็นต์ สิ่งแปลกปลอมประเภทข้าวมันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 96.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 5.75 ทดสอบสิ่งแปลกปลอมชนิด หิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่งรวมกัน มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงที่สูง ดังนั้น การทวนสอบประสิทธิภาพตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์สามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตรได้ และกล่าวได้ว่าเครื่องมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูงในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนนำออกจำหน่าย โดยเฉพาะสิ่งเจือปนทางอันตรายด้านกายภาพ สามารถลดปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งปลอมปนทางด้านคุณภาพและอันตรายด้านกายภาพลงสู่ในระดับที่ยอมรับได้ และเมื่อติดตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภคด้านความปลอดภัยในช่วงการผลิตที่ทำการทดสอบตามอายุการจัดเก็บสินค้าเป็นระยะเวลา 6 เดือนภายหลังการผลิตโดยไม่พบข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคจนถึงปัจจุบัน

คำสำคัญ : อันตรายทางกายภาพ เครื่องเอ็กซ์เรย์ มันฝรั่ง

Thesis Physical Hazard Validation during Potato Chip Production
Student Ms. Nattakarn Chaipeaw
Student ID. 58608028
Degree Master of Science
Program Food Safety Management
Year 2021

Thesis Advisor Assoc. Prof.Dr. Adisorn Swetwivathana

ABSTRACT

According to the investigation of foreign body complaints which concerned to the physical hazard in the production of crispy potato chips. Types of contaminants found in sorting points were rocks, soil, pebbles, potato poles and plastic ropes. Rocks were the contaminant which were mostly found during X-ray procedures and led the DPMO (Defect Per Million Opportunities, which refers to the number of complaints was found per 1 million potatoes produced) score reach to 66.5 and implied Sigma Level of 3.9 during the use of potatoes in Mae Sot District, Tak province. According to the results of data collection every 4 hours per production cycle for a period of 4 months from February to May 2019 - 2020, the source of the hazardous sources found in the production was assessed. Collected data of foreign bodies measurements using a digital Vernia Caliper meter to isolate the hazardous types and amounts of contaminants which were found in each hazard sorting procedure after the washing process in 4 stations (1-trimming process, 2- Magnetic sorting procedure, 3- Metal detector sorting and 4-X-ray sorting procedures) was investigated. It was revealed that the contaminant could be detected at every stage. Among the detected contaminants, rocks with the size below 2 mm were detected in 116 pieces Stones and soft potato plates ranging in size from 2 to 10 mm. were detected in 43 pieces and 21 pieces, respectively. Some types of physical hazard, which were detected during the processing, were performed to use as sample tests to verify the accuracy of the final stage before disposing of the defected product by X-ray machine procedure. It

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

was found that, in the process of sorting foreign bodies in the X-ray machine procedure, the detection efficiency of foreign bodies of clay, rocks were found to have an average of 100 percent accuracy and a high average of precision. Plastic Rope Type Foreign Bodies informed the average accuracy for 23.33 percent and the precision average for 23.81 percent. The average accuracy for 96.67 percent and the precision average for 5.75 were informed for detection of potato poles as contaminant samples. High accuracy averages of 100 percent and high precision averages were showed in all contaminant of rocks, plastic ropes and potato poles. Thus, X-ray detection performance could detect foreign bodies smaller than 2 mm, which informed highly accuracy and precision in sorting physical hazardous impurities before finish products being released. This highly accuracy and precision of X-ray detection performance led to the reduction of consumer complaint. We found that, when tracing safety consumer complaints of the product during tested periods for 6 months after production, there is no any complaint from consumers to the present day.

Keywords: Physical Hazard, X-ray Machine, Potatoes

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือคำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำมาโดยตลอด ตลอดจนการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์และกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ ดร. กิตติชัย บรรจง และรศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์ ที่เป็นกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ เสนอแนะข้อคิดดี ๆ ทั้งยังได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ แผนกวิศวกรรมและหน่วยงานบริหารจัดการมันฝรั่ง บริษัท เป๊ปซี่ โคล่า (ประเทศไทย) เทรดิง จำกัด อนุเคราะห์สถานที่ในการทำการศึกษาค้นคว้าทดลองเก็บข้อมูลปัญหาของวิทยานิพนธ์และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า พ่อ แม่ พี่น้องของข้าพเจ้า และเพื่อน ๆ ที่ ช่วยให้กำลังใจข้าพเจ้าโดยมาตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	XI
สารบัญภาพ.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 มັນฝรั่ง.....	6
2.1.1 องค์ประกอบทางเคมี.....	7
2.1.2 การปลูกมັນฝรั่งในประเทศไทย.....	8
2.1.2.1 พื้นที่ปลูกมันฝรั่ง.....	8
2.1.2.2 ฤดูกาลในการปลูกมันฝรั่ง.....	8
2.1.3 การผลิตมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป.....	9
2.1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปมันฝรั่ง.....	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4 กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	13
2.1.5 ตลาดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	15
2.2 ความปลอดภัยอาหาร (Food Safety)	18
2.2.1 อันตรายทางด้านเคมี (Chemical Hazard)	18
2.2.2 อันตรายทางด้านชีวภาพ (Biological Hazard)	18
2.2.3 อันตรายทางด้านกายภาพ (Physical Hazard)	18
2.2.4 แหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร.....	24
2.2.4.1 วัตถุดิบที่นำเข้ามา (Incoming raw materials)	24
2.2.4.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอาหาร (Food processing equipment).....	24
2.2.4.3 ความผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐาน (Failures in prerequisites programs).....	24
2.3 มาตรฐานสินค้าเกษตร มันฝรั่งสำหรับการแปรรูป.....	25
2.3.1 นิยาม – ขอบเขต.....	25
2.3.2 คุณภาพและการแบ่งชั้นคุณภาพมันฝรั่ง.....	25
2.3.3 สารปนเปื้อน.....	27
2.3.4 สารพิษตกค้าง.....	27
2.3.5 สุขลักษณะ.....	27
2.4 เครื่องมือตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม.....	27
2.4.1 เครื่องเอ็กซ์เรย์.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2	การประยุกต์ใช้รังสีเอกซ์เรย์ในทางอาหารและยา.....	28
2.4.3	การนำระบบเอกซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนมาใช้ในงานด้านความปลอดภัยของอาหาร.....	29
2.4.4	ความหนาแน่นของสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์อาหารและความสามารถในการตรวจจับของรังสีเอกซ์เรย์ของเครื่องเอกซ์เรย์.....	29
2.4.5	เครื่องตรวจจับโลหะ.....	32
2.4.6	แหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะ.....	33
2.4.7	ความสามารถของระบบเอกซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมและระบบตรวจจับโลหะ.....	34
2.5	นิยามศัพท์.....	35
2.5.1	ความถูกต้อง / ความแม่นยำ (Accuracy).....	35
2.5.2	ความเที่ยงตรง (Precision).....	36
2.5.3	การยืนยันความถูกต้อง (Validation).....	37
2.5.4	การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error).....	37
2.6	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	39
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการทดลอง.....	41
3.1	อุปกรณ์และการทดลอง.....	41
3.2	วิธีการทดลอง.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1	เก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนการพบปัญหาสิ่งปนเปื้อนจากฝ่ายผลิตจากการพบ ปัญหาอันตรายทางกายภาพในช่วงการใช้มันฝรั่งแหล่งอำเภอมะสอย จังหวัดตากใน ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นแปรรูป.....	41
3.2.2	ศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือ ปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง.....	42
3.2.3	ศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของจุดตัดแยกอันตรายทางกายภาพและ ประสิทธิภาพเครื่องเอ็กซ์เรย์ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง.....	43
3.2.4	ทดสอบประสิทธิภาพของการตัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอม ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในการตัดแยกสิ่งเจือปนภายหลังจากขั้นตอน การบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	44
3.2.5	การเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบภายใน ปี พ.ศ. 2563 - พ.ศ. 2564.....	46
บทที่ 4	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	47
4.1	ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากฝ่ายผลิตจากการพบปัญหาอันตรายทางกายภาพ ในช่วงการใช้มันฝรั่งแหล่ง อำเภอมะสอย จังหวัดตาก ในปี พ.ศ. 2562 – 2563 ในการผลิตมันฝรั่งแผ่น แปรรูป.....	47
4.2	ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่ เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง.....	49
4.3	ผลการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของจุดตัดแยกอันตรายทางกายภาพที่และประสิทธิภาพ เครื่องเอ็กซ์เรย์ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4	ผลดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของการตัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องเอ็กซ์เรย์ในการตัดแยกสิ่งเจือปนภายหลังขั้นตอนการบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	60
4.5	ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2563 - พ.ศ. 2564.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....		76
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	76
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	78
บรรณานุกรม.....		79
ภาคผนวก.....		83
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานเครื่องเอ็กซ์เรย์ (X-Ray).....		84
ภาคผนวก ข วิธีการสุ่มตัวอย่างสิ่งเจือปนในการทดลอง.....		95
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณหาค่า Accuracy และ Precision.....		96
ภาคผนวก ง วิธีการคำนวณ Six Sigma.....		98
ภาคผนวก จ แบบฟอร์มบันทึกสิ่งปลอมปนจากเครื่องคั้มันฝรั่งและเครื่องล้างมันฝรั่ง.....		101
ภาคผนวก ฉ วิธีการสุ่มตัวอย่างมันฝรั่ง ในขั้นตอนการรับมันฝรั่ง.....		103
ประวัติผู้เขียน.....		104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง.....	7
2.2 เถ้าที่เป็นองค์ประกอบในมันฝรั่ง.....	8
2.3 ขั้นตอนและรายละเอียดขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอด.....	14
2.4 รายชื่อผู้ผลิตรายสำคัญของอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว.....	16
2.5 มูลค่าตลาดของขนมขบเคี้ยว.....	17
2.6 อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในตลาดขนมขบเคี้ยวในปี พ.ศ. 2558 – พ.ศ.2560.....	17
2.7 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น.....	19
2.8 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งของอันตราย.....	20
2.9 ชนิดตัวอย่างของอันตรายทางกายภาพ.....	22
2.10 ความหนาแน่นของสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์อาหารและความสามารถในการตรวจจับของ รังสีเอ็กซ์เรย์.....	31
2.11 ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างประสิทธิภาพของขั้นตอนตรวจจับโลหะและเครื่องเอ็กซ์เรย์ในการ ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพ.....	34
2.12 อันตรายในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง.....	40
3.1 ระดับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมของเครื่องเอ็กซ์เรย์.....	45
4.1 ข้อมูลสิ่งปนเปื้อนทางด้านกายภาพที่ปะปนไปกับมันฝรั่งที่พบในจุดคัดแยกสิ่งแปลกปลอม ของฝ่ายผลิต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 - 2563 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม.....	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูป มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	49
4.3 แหล่งอันตรายที่พบระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่ง.....	55
4.4 ข้อมูลขนาดและชนิดของสิ่งเจือปนที่ตรวจพบซึ่งถึงคุณภาพและอันตรายทางกายภาพในช่วงการ ผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	58
4.5 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสิ่งเจือปนที่ตรวจพบซึ่งถึงอันตรายทางกายภาพในช่วงการผลิต มันฝรั่งแผ่นทอด.....	59
4.6 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษดินในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	61
4.7 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหินในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	62
4.8 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดินในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	63
4.9 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหินในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	63
4.10 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติกในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	65
4.11 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทพลาสติกในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	66
4.12 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทขี้มันฝรั่งในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	67
4.13 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทขี้มันฝรั่งในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	69
4.14 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และขี้มันฝรั่งในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ....	70
4.15 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และขี้มันฝรั่งในถุง มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

- 4.16 ข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2564.....73



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่ำ (Low accuracy and Low precision)	36
2.2 ค่าความแม่นยำต่ำแต่ค่าความเที่ยงตรงสูง (Low accuracy but High precision).....	36
2.3 ค่าความแม่นยำสูงแต่ค่าความเที่ยงตรงต่ำ (High accuracy but Low precision).....	37
2.4 ค่าความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงสูง (High accuracy and High precision).....	37
4.1 แหล่งที่มาของสิ่งปลอมปนทางกายภาพในระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ.....	55
4.2 ขนาดสิ่งเจือปนที่ตรวจพบในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563.....	59
4.3 จำนวนสิ่งเจือปนที่ตรวจพบในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563.....	60
4.4 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดินในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	63
4.5 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหินในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	64
4.6 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชื้อพลาสติกในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	66
4.7 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่งในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	69
4.8 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชื้อพลาสติก และไขมันฝรั่งในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคอาหารแบบตะวันตก เช่น อาหารจานด่วนและอาหารขบเคี้ยว เห็นได้จากภาพรวมตลาดขนมขบเคี้ยว (Snack) มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีมูลค่าตลาดรวมสูงถึง 37,000 ล้านบาท และเติบโตสูงขึ้น 5.8% ระหว่าง ปี พ.ศ. 2560 - 2561 โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบมูลค่า 11,000 ล้านบาท มีอัตราการเติบโตสูงกว่าอุตสาหกรรมขนมอบกรอบทั้งหมด ในอัตราสูงถึง 13 % (Brand Age Online, 2561) มันฝรั่งจึงถือได้ว่าเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ หากกล่าวถึงมันฝรั่ง มันฝรั่งถือเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญในฐานะพืชอาหารหลักปริมาณการผลิตจัดอยู่ในอันดับ 4 ของโลกรองมาจาก ข้าว ข้าวสาลีและข้าวโพด (Hawkes, 1992) สำหรับการปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยจากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2563 พบว่าปริมาณการปลูกมันฝรั่งเพื่อการผลิตปี 2559 – 2560 มีพื้นที่ปลูกมันฝรั่ง รวม 34,777 ไร่ ผลผลิตรวม 105,988 ตัน ในปี 2560 – 2561 พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 35,463 ไร่ ผลผลิตรวม 102,870 และปี 2561 – 2562 พื้นที่ปลูกได้เพิ่มขึ้นเป็น 42,928 ไร่ ผลผลิตรวม 119,519 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) การขยายพื้นที่ปลูกและผลผลิตรวมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความต้องการมันฝรั่งสำหรับส่งโรงงานแปรรูปมันฝรั่งได้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งในรูปแบบมันฝรั่งทอดกรอบ (Potato Chip) มันฝรั่งทอดแบบแท่ง (French Fries) และขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ ที่ทำจากแป้งมันฝรั่ง ตลาดมันฝรั่งที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นทำให้โรงงานแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและจำหน่ายผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแปรรูปจึงต้องมุ่งเน้นให้มีคุณภาพและความปลอดภัยสูง หากกล่าวถึงอันตรายที่อาจมีได้ในระหว่างกระบวนการแปรรูปมันฝรั่งและผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแปรรูปเพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภคนั้นส่วนมากจะเป็นอันตรายทางกายภาพซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนที่พบได้จากวัตถุดิบหลักคือมันฝรั่งสด (Fresh Potatoes) อันตรายทางกายภาพที่พบได้อาจปนเปื้อนมาจากพื้นที่ปลูก เช่น เศษดิน หิน/กรวด เศษไม้ เศษพลาสติก เศษแก้ว ขั้นตอนการขนส่งและจัดเก็บวัตถุดิบ เช่น เชือกพลาสติกจากกระสอบมัน ไม้ค้ำ และในระหว่างขั้นตอนการแปรรูป เช่น โลหะจากเครื่องจักร อันตรายทางกายภาพประเภทหินที่มีรายงานว่าเมื่อผลทำให้เกิดอันตรายต่อการบาดเจ็บของฟันและช่องปากของผู้บริโภค แม้ว่าจำนวนความถี่ของเหตุการณ์อันตรายต่อผู้บริโภคจากวัตถุแปลกปลอมในอาหารจะมีไม่มากเท่ากับอันตรายทางด้านเคมีและอันตรายทางด้านชีวภาพ แต่ถ้าผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนอันตรายทางกายภาพในอาหารอาจเกิดอันตรายจนถึงขั้นบาดเจ็บรุนแรงได้ สิ่งแปลกปลอมชนิดอันตรายทางกายภาพที่พบในอาหารเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่

ผู้บริโภคต้องเรียนต่อโรงงานอาหารทั้งยังสะท้อนถึงข้อบกพร่องด้านคุณภาพที่ส่งผลต่อชื่อเสียง ตราสินค้าของโรงงานอาหาร ความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยอาหาร ซึ่งสิ่งแปลกปลอมที่แข็งและคม เช่น หิน ชิ้นส่วนโลหะมีคม และกระดูก ล้วนก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่รุนแรงได้นอกจากนี้ยังส่งผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของผู้บริโภคที่ควรให้ความใส่ใจเป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่บริโภคโดยตรงจากผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องดื่มพร้อมบริโภค ขนม และไอศกรีม ทั้งนี้แหล่งของอันตรายทางกายภาพที่พบระหว่างกระบวนการผลิตอาหารอาจมาจากวัตถุดิบ เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอาหาร และความผิดพลาดในโปรแกรมสัญลักษณ์พื้นฐานเบื้องต้นได้ (สุคันธา โอศิริพันธุ์, 2561)

ในปัจจุบันพบว่าจำนวนความถี่ของเหตุการณ์อันตรายต่อผู้บริโภคจากวัตถุแปลกปลอมในอาหารมีไม่มากเท่ากับอันตรายทางด้านเคมีและอันตรายทางด้านชีวภาพ แต่ถ้าผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนอันตรายทางกายภาพในอาหารก็อาจเกิดอันตรายจนถึงขั้นบาดเจ็บรุนแรงได้ ดังเช่น ในปี พ.ศ. 2558 ของประเทศสหรัฐอเมริกา มีรายงานการเรียกคืนผลิตภัณฑ์อาหาร (Recall) พบว่ามีผลิตภัณฑ์อาหารที่ถูกเรียกคืน โดยแบ่งออกตามชนิดของอันตราย ได้แก่ อันตรายทางชีวภาพจำนวน 180 รายการ คิดเป็นร้อยละ 31 อันตรายทางเคมี 358 รายการ คิดเป็นร้อยละ 62 และอันตรายทางกายภาพ 39 รายการคิดเป็นร้อยละ 7 (Gendel, 2016) ซึ่งการพบอันตรายทางกายภาพในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีหลายแหล่งด้วยกัน เช่น ปนมากับวัตถุดิบ ใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพต่ำหรือออกแบบไม่ดี เกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างการผลิต หรือเกิดจากข้อบกพร่องในการปฏิบัติของพนักงาน (Motarjemi & Lielveld, 2014) อันตรายทางกายภาพเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคในระดับที่แตกต่างกัน อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บเล็กน้อยหรืออาจรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ขึ้นกับชนิดและรูปแบบของสิ่งแปลกปลอมที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ ทั้งนี้หน่วยงาน FDA's Health Hazard Evaluation Board ได้ออกระเบียบแนะนำเกี่ยวกับอันตรายทางกายภาพชนิดโลหะและแก้วที่สามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อฟัน ช่องปากและลำคอ หรือทางเดินอาหารในลำไส้จะเป็นสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดความยาวระหว่าง 0.3 นิ้ว หรือ 7 มิลลิเมตร (มม.) ถึง 1 นิ้ว หรือ 25 มิลลิเมตร (มม.) (Beckett, 2009)

จากตัวอย่างอันตรายทางกายภาพตามรายงานข้างต้น จะพบว่าอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุในภาชนะปิดสนิทเป็นหนึ่งในอันตรายที่จำเป็นต้องบรรจุเข้าในระบบควบคุมทั้งคุณภาพและอันตรายในระหว่างการผลิต ซึ่งในประเทศไทย โรงงานแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบพบปัญหาสิ่งปนเปื้อนทางด้านกายภาพจากรายงานตรวจสอบพบสิ่งปนเปื้อนจำนวนมากจากการรับเข้าและส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตมันฝรั่ง แหล่งปลูก อำเภอแม่สอด จังหวัดตากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 - พ.ศ. 2563 เป็นพื้นที่ปลูกมันฝรั่งแหล่งใหญ่ที่ส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นจำนวนผลผลิตมันฝรั่งส่งเข้าโรงงาน 39,885 ตัน คิดเป็นร้อยละ 35 ของพื้นที่การปลูกมันฝรั่งในภาคเหนือของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 - พ.ศ. 2563 (ศูนย์ข้อมูลเกษตรแห่งชาติ, 2563) เป็นแหล่งพบสิ่งปนเปื้อนได้มากที่สุดจากการใช้มันฝรั่งแหล่งดังกล่าว รวบรวมข้อมูลอันตรายที่พบคัดแยกตามชนิดและขนาดของรายงานดังกล่าวเช่นเดียวกัน โดยปัญหาที่พบได้ในระหว่างการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ คือ เศษดิน หิน/กรวด เศษไม้ และเชือกพลาสติก เป็นต้น ยังคงปะปนมากับมันฝรั่งและพบปัญหาห้องเรียนจากหน่วยงานควบคุมคุณภาพโรงงานจำนวนมากในอดีตที่ผ่านมาซึ่งสิ่งปลอมปนที่เป็นพบปัญหาด้านความปลอดภัยทางด้านกายภาพและพบมากที่สุดในช่วงขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำข้อมูลอันตรายทางกายภาพที่พบเบื้องต้นไปใช้ในการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่พบว่าเกิดขึ้นในช่วงขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (Potato Chips) บรรจุกอง สามารถประเมินได้ว่าจุดที่มีโอกาสปนเปื้อนในช่วงขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยในช่วงขั้นตอนการแปรรูปมีขั้นตอนการตรวจสอบและเครื่องมือเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนและอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากสิ่งปนเปื้อนดังกล่าว คือขั้นตอนการคัดแยกตำหนิมันฝรั่งและสิ่งแปลกปลอม (Sorting and Grading) ขั้นตอนการล้าง (Washing & De-Stoning) ขั้นตอนตัดแต่งและตัดตำหนิ (Trimming) และเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมภายหลังขั้นตอนการทอดแผ่นมันฝรั่งก่อนการบรรจุ โดยเครื่องตรวจจับแม่เหล็ก (Magnet Bar) ในขั้นตอนหลังคลุกรสชาติแผ่นมันฝรั่ง เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) ในขั้นตอนบรรจุแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบลงถุงตามขนาดผลิตภัณฑ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ด้วยหลักการตรวจวัดความหนาแน่น ภายหลังขั้นตอนบรรจุถุงผลิตภัณฑ์แผ่นมันฝรั่งทอดกรอบพร้อมขนส่งเพื่อจำหน่าย ขั้นตอนเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อยืนยันและช่วยลดอันตรายทางกายภาพที่พบของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่ให้ปลอมปนไปกับผลิตภัณฑ์ไปยังผู้บริโภค วัตถุประสงค์ของศึกษานี้จึงต้องการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ผลิตภัณฑ์แผ่นมันฝรั่งทอดกรอบ โดยอันตรายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นประเมินเบื้องต้นในด้านประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ การผลิตแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบของโรงงานแปรรูป วิเคราะห์ถึงอันตรายทางด้านกายภาพในแต่ละจุดที่พบ เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำตัวอย่างสิ่งปลอมปนที่ตรวจพบไปใช้เพื่อการยืนยันในความเที่ยงตรงและความแม่นยำของเครื่อง ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในการตรวจสอบสิ่งปลอมปนเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มคุณภาพ และลดอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดกรอบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาการปนเปื้อนและชนิดของสิ่งเจือปนที่อาจมีการตกค้างในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ในปี พ.ศ. 2562 – 2563

1.2.2 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

1.2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ และเพื่อให้ทราบถึงความสามารถของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ โดยประเมินจากความแม่นยำ (Accuracy) และ ความเที่ยงตรง (Precision)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เก็บข้อมูลข้อร้องเรียนปัญหาพบสิ่งแปลกปลอมประเภทอันตรายทางกายภาพระหว่างการใช้มันฝรั่งแหล่ง อำเภอมะสอย จังหวัดตาก ส่งผลิตเพื่อแปรรูปผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบทางด้านอันตรายทางกายภาพที่ทำการประเมินว่าพบได้จากมันฝรั่งแหล่งดังกล่าว ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี 2562 - 2563 โดยศึกษาและตรวจสอบปัญหาของสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิต ทำการศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบโดยประเมินอันตรายและทำการแยกประเภทอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เพื่อดูชนิดและจำนวนของสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิต นำอันตรายทางกายภาพที่พบได้จากขั้นตอนการผลิตมาทำการทดสอบทดสอบยืนยันโดยเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ โดยทำการผสมกับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแปรรูปบรรจุถุงใช้เป็นตัวอย่างควบคุม โดยการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้เป็นตัวทดสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในขั้นตอนสุดท้าย ติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3 - 6 เดือน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันข้อร้องเรียนผู้บริโภคสำหรับอันตรายทางกายภาพในกระบวนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

1.4.2 ประเมินความสามารถของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ในการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมในขั้นตอนสุดท้ายว่ามีความแม่นยำและความเที่ยงตรงเพียงใด เพื่อยืนยันการตรวจสอบอันตรายทางกายภาพในขั้นสุดท้าย

1.4.3 ได้ผลิตภัณท์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบแปรรูปที่มีคุณภาพและความปลอดภัยจากอันตรายทางกายภาพเป็นที่เชื่อมั่นของผู้บริโภค



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มันฝรั่ง

มันฝรั่งเป็นพืชที่มีการปลูกดั้งเดิมมาแต่โบราณก่อนที่จะมีการค้นพบทวีปอเมริกาใต้ ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเทือกเขาแอนดีส ซึ่งอยู่ระหว่างประเทศเปรูกับโบลิเวีย Hawkes (1978) ได้กล่าวถึงการแพร่กระจายของมันฝรั่งไปยังส่วนอื่น ๆ ของโลกว่า มันฝรั่งได้ถูกนำเข้าสู่ยุโรปครั้งแรกในประเทศสเปน ประมาณปี ค.ศ. 1570 จากประเทศสเปนได้แพร่ไปสู่ประเทศต่าง ๆ ทางยุโรปและแถบเอเชีย และครั้งที่สองในประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1590 มันฝรั่งได้แพร่ไปยังไอร์แลนด์ สกอตแลนด์ เวลส์ และแถบเหนือของยุโรปและส่วนที่เป็นอาณานิคมของสหราชอาณาจักร รวมทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานแน่ชัดว่ามีการนำมันฝรั่งเข้ามาปลูกตั้งแต่เมื่อไร สันนิษฐานว่ามันฝรั่งอาจถูกนำเข้ามาจากพม่าโดยชาวเข้าที่อพยพเข้ามาอาศัยอยู่ตามดอยทางภาคเหนือของประเทศไทย ระยะเวลาที่นำเข้ามาน่าจะเป็นระยะหลังสงครามโลกครั้งที่สอง คือประมาณ 40-50 ปีมาแล้ว ชาวเขาเรียกมันฝรั่งที่ปลูกดั้งเดิมว่า มันอาลูซึ่งคงจะเป็นพันธุ์ที่พม่านำมาจากประเทศอินเดีย เนื่องจากชาวอินเดียเรียกมันฝรั่งว่า อาลู (ธงไชย ทองอุทัยศรี , 2535)

มันฝรั่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Solanum tuberosum* เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลกและประเทศไทยทั่วโลกมีการผลิตมันฝรั่งมากกว่า 300 ล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มการปลูกและการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งมากขึ้นตามไปด้วย ได้แก่ มันฝรั่งแผ่นทอด (Potato chips) และมันฝรั่งเส้น (French fries) ทั้งในรูปแบบแช่แข็งและทอด (Lisinska and Leszynski, 1989)

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมี

มันฝรั่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตอยู่ในรูปแบบแป้งซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Resistant starch คือทนต่อการถูกย่อยจากเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก นอกจากนี้มันฝรั่งเป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุ สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี บี 6 โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น โปรตีนจากมันฝรั่งมีคุณภาพดีกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น เช่น ถั่วลิสง จากคุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง ทำให้มันฝรั่งเป็นอาหารหลักของคนยุโรปมาเป็นเวลานาน และยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร โดยใช้เป็นแหล่งโปรตีนให้อาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งมีความหลากหลายขึ้นกับสายพันธุ์ การเพาะปลูก สถานที่เพาะปลูก ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา Smith (1977) องค์ประกอบทางเคมีและค่าที่เป็นองค์ประกอบในมันฝรั่งแสดงในตารางที่ 2.1 และ ตารางที่ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่ง

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย (%)
Water	77.5
Total solid	22.5
Protein	2.0
Fat	0.1
Carbohydrate	
Total	19.4
Crude fiber	0.6
Ash	1.0

ที่มา : Smith (1977)

ตารางที่ 2.2 เถ้าที่เป็นองค์ประกอบในมันฝรั่ง

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย (%)
K ₂ O	56
P ₂ O ₅	15
SO ₃	6
MgO	4
Na ₂ O	3
CaO	1.5
SiO ₂	1

ที่มา : Smith (1977)

2.1.2 การปลูกมันฝรั่งในประเทศไทย

2.1.2.1 พื้นที่ปลูกและผลผลิต

มันฝรั่งเป็นพืชที่ชอบอากาศหนาวเย็น ดังนั้น พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตภาคเหนือโดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีผลผลิตคิดเป็นประมาณร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ จังหวัดอื่นที่มีปลูกบ้างเล็กน้อยได้แก่ เชียงรายและแม่ฮ่องสอน ปัจจุบันมีการนำเข้ามาทดลองปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือในเขตชลประทาน เช่น ที่จังหวัดเลย สกลนคร (มานิช ทองเจียม, 2535) จากสถิติพื้นที่ปลูกและผลผลิตมันฝรั่ง ของกรมส่งเสริมการเกษตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2534 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกและผลผลิตของมันฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี 2530 มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 6,487 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมด 15,110 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 2.3 ตันต่อไร่ ในปี 2534 พื้นที่ปลูกได้เพิ่มขึ้นเป็น 9,016 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมด 25,343 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 2.8 ตันต่อไร่

2.1.2.2 ฤดูปลูก

การปลูกมันฝรั่งในเขตภาคเหนือของประเทศไทย สามารถปลูกได้ 2 ฤดู คือ ฤดูหนาวกับฤดูฝน ในช่วงฤดูหนาวจะปลูกในเขตพื้นที่ราบ ส่วนใหญ่จะเป็นที่นาในเขตชลประทาน ปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว ช่วงระยะเวลาปลูก ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมและเก็บเกี่ยวในช่วงกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ในช่วงฤดูฝนจะปลูกในเขตพื้นที่สูง บนภูเขาที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งมีอากาศหนาวเย็น

พอที่จะปลูกมันฝรั่ง แบ่งการปลูกออกได้เป็น 2 รุ่น คือ รุ่นแรกจะปลูกในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม รุ่นที่สองจะปลูกในช่วงเดือนสิงหาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน

2.1.3 การผลิตมันฝรั่งเพื่อการแปรรูป

มันฝรั่งเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงพืชหนึ่งในปัจจุบัน เพราะความต้องการภายในประเทศทั้งในด้านการบริโภคโดยตรง และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารชนิดต่าง ๆ ทั้งในประเทศและส่งออกยังประเทศใกล้เคียง ดังนั้น การขยายพื้นที่ และผลผลิตจึงมีทางเป็นไปได้อย่างมาก นับว่าเกิดประโยชน์แก่การพัฒนาทางการเกษตรของประเทศ โดยเฉพาะการหาพืชทดแทนฝิ่นทางภาคเหนือ และหาพืชเศรษฐกิจอื่นทดแทน

ประเทศไทยได้ใช้มันฝรั่งพันธุ์สปันด้า จากประเทศเนเธอร์แลนด์ปลูกเป็นพันธุ์มาตรฐานแทนพันธุ์ปินเจ มาตั้งแต่ปี 2531 เพราะพันธุ์ปินเจที่นิยมปลูกก่อนพันธุ์สปันด้าไม่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์สปันด้า พันธุ์สปันด้านี้จัดเป็นพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวปานกลางเมื่อปลูกในเขตจังหวัดเชียงใหม่จะมีอายุการเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ย 90 วัน หัวมีลักษณะใหญ่ ยาวรี ตาตื้น ให้ผลผลิตสูง แต่มีปริมาณของแข็งต่ำ ในด้านการเจริญเติบโตนั้นเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว ใบค่อนข้างเล็ก ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ จากการทดลองของกรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2512-2514 พบว่า พันธุ์สปันด้าปลูกได้ดีในสภาพของจังหวัดเชียงใหม่และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ต่อมาจึงแนะนำให้ส่งพันธุ์นี้มาจากประเทศเนเธอร์แลนด์เข้ามาปลูกและประเทศไทยได้ส่งเข้ามาให้เกษตรกรปลูกติดต่อกันเป็นเวลากว่าสิบปีแล้ว (ธงไชย ทองอุทัยศรี , 2529) ในประเทศสหรัฐอเมริกา บริษัท J.R. Simplot รัฐไอดาโฮ เป็นผู้ส่งมันฝรั่งแช่แข็งให้กับร้านอาหารทั่วสหรัฐอเมริกาในปริมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณมันฝรั่งที่ต้องใช้ทั้งปี และพันธุ์ที่ใช้จัดอยู่ตระกูลรัสเสท เช่น พันธุ์รัสเสทเบอร์แบงค์ บิวท์ เลมไฮ นุคเสค ซึ่งพันธุ์เหล่านี้มีปริมาณของแข็งภายในหัวสูง คือไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงภายในหัวต่ำ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวไม่มีในมันฝรั่งพันธุ์สปันด้าที่คุณสมบัติทั้ง 2 ข้อนี้เป็นสิ่งจำเป็นในอุตสาหกรรม ของมันฝรั่งที่ใช้แปรรูป (ธงไชย ทองอุทัยศรี , 2535)

2.1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปมันฝรั่ง

มันฝรั่งที่ใช้สำหรับทอดแบบแท่งและทอดแบบแผ่นควรมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและรูปร่างของหัว ควรมีหัวขนาดใหญ่ รูปร่างกลม ยาว ขนาดสม่ำเสมอ ผิวเรียบปก่ง่าย เมื่อปอกไม่มีเนื้อติดไปกับเปลือกมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความตื้นลึกของตา ถ้าพันธุ์ที่มีมีตาตื้นลึกเมื่อปอกเปลือกแล้วจะติดเนื้อเข้าไปมาก ทำให้สูญเสียน้ำหนักมากกว่าพันธุ์ที่มีตาตื้น สำหรับขนาดรูปร่างของหัวมีผลต่อจำนวนแท่งหรือจำนวนแผ่นที่หั่นได้ต่อหัว ในมันฝรั่งทอดแบบแท่งหัวควรวาวไม่ต่ำกว่า 4 นิ้ว เพราะจะได้แท่งที่ตรงยาว มีขนาดสม่ำเสมอ (Smith, 1977)

เปอร์เซ็นต์ของของแข็งภายในหัวสูง มันฝรั่งที่ใช้ในการแปรรูปของสหรัฐอเมริกาผู้ผลิตจะพิจารณาใช้พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของของแข็งภายในหัวสูงเป็นอันดับแรก เพราะต้องการมันฝรั่งที่มีคุณภาพสูง (Kleinkopf et al, 1987) เพราะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมันฝรั่งภายหลังจากการแปรรูปแบบทอด เช่น การคูดน้ำหรือน้ำมัน มันฝรั่งที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งภายในหัวสูงจะมีเนื้อแน่นมีน้ำภายในหัวน้อย เพราะถ้ามีน้ำภายในหัวมากเมื่อนำไปแปรรูปเนื้อจะมีสภาพเละ และเหลว โดยทั่วไปในการทำมันฝรั่งแช่แข็ง Frozen French Fry ผู้บริโภคต้องการมันฝรั่งที่มีเปอร์เซ็นต์ของของแข็งในหัวสูง ถ้าผลิตเพื่อการค้าแล้วพันธุ์ที่ใช้ต้องมีคุณภาพได้มาตรฐาน เพื่อจะลดค่าใช้จ่ายในการแปรรูป เพราะมันฝรั่งที่มีปริมาณของของแข็งภายในหัวต่ำจะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการแปรรูปสูง เนื่องจากต้องใช้เวลาทอดนาน คูดน้ำมันมาก จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยสูง (Kleinschmidt et al, 1984)

ดังนั้นวิธีการที่ใช้ประเมินคุณภาพของพันธุ์มันฝรั่งสำหรับการแปรรูป คือ หาปริมาณของของแข็งหรือความถ่วงจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็ง โดยทั่วไปคุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแผ่นและแบบแท่งที่ดีจะได้จากหัวที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งสูง (Kleinkopf et al, 1987 ; Smith, 1977) เพราะในระหว่างทอดจะคูดน้ำมันน้อย (Gould, 1988) การหาค่าความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง หาได้จากกรคำนวณน้ำหนักของมันฝรั่งต่อไปนี้ (Kleinkopf et al, 1987)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของหัว} = \frac{\text{น้ำหนักหัวในอากาศ}}{\text{น้ำหนักหัวในอากาศ} - \text{น้ำหนักหัวในน้ำ}}$$

เปอร์เซ็นต์ของของแข็งในการหาค่าความถ่วงจำเพาะอาจเกิดความผิดพลาดได้ ในกรณีที่เกิดการ ผิดปกติในหัว เช่นอาการเป็นรูกลวงที่ตรงกลางหัว (Hollow heart) ทำให้การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ ผิดปกติ โดยเมื่อนำไปชั่งในน้ำทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งภายในหัวลดลงถึง 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การปกปิดเปลือกหรือไม่ปกปิดเปลือก ผิวของมันฝรั่งบางพันธุ์ เช่น รัสเสทเบอร์เบงค์มีผิวขรุขระเนื่องจาก มีเนื้อเยื่อพวก คอโรค ขนาดใหญ่เป็นตาข่ายทำให้ผิวมีช่องอากาศเล็ก ๆ ซึ่งจะมีผลต่อน้ำหนักเมื่อชั่งใน น้ำคือทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็งลดลง แต่ถ้าล้างหรือปกปิดเปลือกค่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็งจะสูง กว่าไม่ปกปิดเปลือก แต่ในพันธุ์ที่มีเปลือกบางถึงไม่มีผลแต่ก็ควรล้างทำความสะอาดหัวก่อนที่จะนำไป หาความถ่วงจำเพาะ สิ่งที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของแข็งภายในหัว คือ พันธุ์ มันฝรั่งพันธุ์รัสเสทเบอร์เบงค์ ที่ใช้เป็นพันธุ์หลักที่ใช้ในการแปรรูปของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของของแข็ง ภายในหัวสูง (Kleinkopf et al, 1987)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในหัวต่ำ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในหัวมันฝรั่งแต่ละพันธุ์จะใช้ ประโยชน์ในการทำมันฝรั่งทอด เพราะเป็นสิ่งที่ใช้ตัดสินใจในการคัดเลือกใช้มันฝรั่งพันธุ์นั้น สำหรับการแปรรูป เนื่องจากน้ำตาลรีดิวซ์มีผลต่อการเปลี่ยนสีภายหลังทอดมันฝรั่งที่มีปริมาณน้ำตาลในหัว สูงทำให้เนื้อมีสีน้ำตาลหรือสีดำภายหลังจากแปรรูป สีของมันฝรั่งทอด เป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกใน การยอมรับของผู้บริโภค การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมันฝรั่งภายหลังจากทอดเกิดมาจากขบวนการทาง เคมีที่เรียกว่า Maillard reaction

การเกิดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ภายในหัวมันฝรั่งมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

อุณหภูมิในการเก็บรักษาซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างแป้งและน้ำตาลภายในหัว เนื่องจากในการเก็บรักษาพืชผักบางชนิดเช่น มันฝรั่ง มันเทศ ถั่วลันเตา และข้าวโพดหวาน อุณหภูมิต่ำ จะเปลี่ยนความสัมพันธ์ของแป้งและน้ำตาลในผัก ณ ที่อุณหภูมิใดก็ตามแป้ง และ น้ำตาลจะอยู่ใน สภาพที่สมดุล และน้ำตาลบางส่วนจะถูกใช้ในการหายใจ ดังสมการ



ความสัมพันธ์ระหว่างแป้งและน้ำตาลในหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มไปในทางสะสมแป้ง และ เมื่อเก็บหัวมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิลึกฤดู อัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลไปเป็นแป้งจะลดลง และมีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น (สายชล เกตุษา , 2528) ดังการทดลองของ ที่ทำกับมันฝรั่งพันธุ์โร

คอรัล ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมใช้แปรรูปในอังกฤษ เมื่อเก็บรักษาหิวมันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน พบว่าระดับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเพิ่มขึ้นแต่เมื่อลดอุณหภูมิลงเป็น 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน พบว่าระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 0.3 เปอร์เซนต์เป็น 1.8 เปอร์เซนต์ การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ และซูโครสในหิวมันฝรั่งพันธุ์เดียวกันเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 10 8 5 องศาเซลเซียส พบว่าในสัปดาห์แรก ปริมาณน้ำตาลน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และเมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งจะมีมากกว่าน้ำตาลซูโครส การเก็บรักษามันฝรั่งที่ใช้แปรรูปควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส

ลักษณะเนื้อและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การนำมันฝรั่งมาประกอบอาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารที่ใช้บริโภคในชีวิตประจำวัน หรืออาหารว่างนั้นสามารถนำมาประกอบอาหารอื่นได้อีกหลายสิบชนิด ดังที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้นว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อกับคุณภาพของมันฝรั่งที่ใช้ทำอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น พันธุ์มันฝรั่งที่ใช้ปลูก สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในการเจริญเติบโตและการเก็บรักษา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมานี้มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพ ดังนั้น ลักษณะของเนื้อและรสชาติของมันฝรั่งจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือไม่ขึ้นอยู่กับ ชนิดของอาหารและผลิตภัณฑ์ที่แปรรูป คุณภาพของมันฝรั่งที่แปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดแบบแผ่นและแบบแท่ง คือสีของมันฝรั่งภายหลังจากทอดต้องมีความสม่ำเสมอ และเนื้อไม่เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ สิ่งที่มีผลโดยตรงต่อสีคือ น้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งภายในหิวและค่าเปอร์เซนต์ของของแข็งภายในหิว การควบคุมไม่ให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีดำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน เนื่องจากองค์ประกอบภายในหิวมันฝรั่งส่วนใหญ่คือแป้ง ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของ เพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ในการแปรรูปอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ ซึ่งผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน โครงสร้างเซลล์ของมันฝรั่งที่หั่นหรือตัด ถ้ายังสมบูรณ์ดีจะมีผนังเซลล์อยู่ แต่ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นผนังเซลล์แตกออกหรือแยกออกในระหว่างทอด การทอดเป็นขั้นตอนที่สำคัญในระหว่างการแปรรูป ทำให้แป้งเปลี่ยนสภาพไปเป็นวุ้น ทำให้เกิดการดึงน้ำออกจากเซลล์และเกิดการแทนที่โดยน้ำมัน นอกจากนี้ผนังเซลล์จะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ เกิดการพองในระหว่างเซลล์ การพองออกของเซลล์เป็นผลมาจากเซลล์แตก นำไปสู่แรงดันที่ทำให้มีการดูดน้ำออก (Smith, 1977) เมื่อมันฝรั่งได้รับความร้อนจากการทอด น้ำจะถูกดูดเข้าสู่เม็ดแป้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส แป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็นวุ้น มันฝรั่งที่มีปริมาณแป้งในหิวสูงเนื้อของมันฝรั่งเหนียวไม่ละ แต่ถ้าเป็นมันฝรั่งที่มีแป้งน้อยมีน้ำมา เมื่อนำไปแปรรูปเนื้อจะละเอียดและเหลว (Woolfe, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอด

กระบวนการผลิตมันฝรั่งทอดเริ่มจากล้างมันฝรั่งผ่านน้ำที่กำจัดดินและทรายที่อยู่บนเปลือกออก (Washing) พร้อมกับการปอกเปลือก (Peeling) โดยผ่านกรูทำหน้าที่ยัดสีเปลือกออกจากผิว เนื่องจากเปลือกมันฝรั่งบางมากจึงขัดสีออกได้ง่าย จากนั้นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกออกแล้วถูกล้างด้วยบนสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการตัดแต่ง (Trimming) เพื่อคัดเลือกมันฝรั่งที่ไม่ได้คุณภาพและมันฝรั่งเน่าเสียออก มันฝรั่งที่มีคุณภาพและขนาดเหมาะสมจะถูกล้างด้วยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการสไลด์เป็นแผ่นบาง (Slicing) เตรียมสำหรับกระบวนการทอดต่อไป จากนั้นนำมันฝรั่งดังกล่าวผ่านน้ำอีกครั้งเพื่อกำจัดแป้งส่วนเกินออก แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการทอด (Frying) มันฝรั่งที่ทอดสุกแล้วจะถูกล้างด้วยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการปรุงรส จากนั้นแผ่นมันฝรั่งทอดจะถูกล้างด้วยสายพานเพื่อคัดเลือกมันฝรั่งทอดที่ไม่ได้คุณภาพ (มีรอยไหม้) ออกและบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ (ข้อมูลการเยี่ยมชมกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดของ บริษัท เบอรัลล์ ยูเคอร์ ฟู้ดส์ จำกัด) ภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนและรายละเอียดขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งทอดแสดงตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนและรายละเอียดขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ขั้นตอน	รายละเอียดขั้นตอน
ตรวจรับมันฝรั่ง	ตรวจสอบน้ำหนัก คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ
↓	
คัดแยกสิ่งปนเปื้อน, ทำความสะอาด	คัดแยกดิน หิน สิ่งแปลกปลอมและทำความสะอาดด้วยน้ำ
↓	
ปอกเปลือกมันฝรั่ง	ปอกเปลือกและแยกชิ้นส่วนต่าง ๆ ออก เช่น ราก, เปลือก
↓	
ตัดแต่งแยกขนาด	คัดแยกมันฝรั่งที่มีขนาดไม่ได้มาตรฐานออก
↓	
ตัดเป็นชิ้นมันฝรั่ง	ตัดหัวมันฝรั่งให้เป็นแผ่นมันฝรั่งสดตามขนาดและรูปตามมาตรฐาน
↓	
ล้างทำความสะอาดชิ้นมันฝรั่งสด	ล้างทำความสะอาดชิ้นมันฝรั่งเพื่อกำจัดแป้งและยางออกโดยใช้น้ำ
↓	
ทอด	ทอดด้วยน้ำมันพืช โดยควบคุมอุณหภูมิและเวลาของการทอด
↓	
คัดเลือกชิ้นมันฝรั่งที่ไม่สมบูรณ์ออก	คัดแยกแผ่นมันฝรั่งทอดที่ไม่ได้มาตรฐานอีกครั้งหลังการทอด
↓	
ปรุงแต่งรสชาติ	ปรุงแต่งรสชาติโดยการเติมเกลือ และสารสกัดธรรมชาติ
↓	
บรรจุลงหีบห่อ	บรรจุลงซองและกล่องตามลำดับ
↓	
นำส่งคลังสินค้า	จัดเก็บในคลังสินค้าแยกประเภทเพื่อนำส่งสู่ลูกค้า

ที่มา : บริษัท เบอริลี ยูคเกอร์ ฟู้ดส์ จำกัด (2549)

2.1.5 ตลาดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งในประเทศไทย

ตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยมีการเติบโตค่อนข้างสูง แต่ก็เป็ตลาดที่มีการแข่งขันกันค่อนข้างรุนแรงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสินค้าที่เกิดง่าย ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้มีผู้ประกอบการเป็นจำนวนมากทั้งรายเล็กรายใหญ่สนใจเข้ามาในตลาดหลายราย ซึ่งผู้ผลิตต่างก็มีการใช้กลยุทธ์ทุ่มงบประมาณการโฆษณา ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ โดยเฉพาะสื่อทางด้านโทรทัศน์ที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายวัยเด็กและวัยรุ่น เพื่อแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดกันอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตามจากการเข้ามาในตลาดเป็นจำนวนมาก ในขณะที่พฤติกรรมของผู้บริโภคที่ไม่มีความจงรักภักดีต่อสินค้า ส่งผลให้ผู้ประกอบการต่างมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงเพื่อยึดอายุของสินค้าให้ติดตลาดให้นานที่สุด ซึ่งก็มีผู้ประกอบการบางรายที่เข้ามาในตลาดเพียงระยะเวลาไม่นานก็ต้องออกไปจากตลาด ในขณะที่มีบางรายที่มีการทำตลาดอย่างจริงจัง สินค้ามีคุณภาพ รวมไปถึงมีการพัฒนารูปแบบ ตลอดจนถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว จนทำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและอยู่ในตลาดได้เป็นเวลานาน กลยุทธ์ที่มีการนำมาใช้ในการทำตลาดที่สำคัญ คือ การโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านทางสื่อประเภทโทรทัศน์ที่สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคทุกกลุ่ม ซึ่งจะใช้มากในช่วงที่สินค้าออกสู่ตลาดช่วงแรก ๆ ทั้งนี้เพื่อให้สินค้าเป็นที่รู้จักของผู้บริโภค

ในขณะเดียวกันก็เป็นการสร้างแรงจูงใจให้มีการทดลองซื้อเพราะผู้บริโภคกลุ่มเด็กและวัยรุ่นจะค่อนข้างตอบสนองต่ออิทธิพลของสื่อโฆษณาที่ออกมาในช่วงแรกสูง กล่าวคือจะซื้อตามแฟชั่นและความดังของสินค้านั้น ๆ นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคบางรายนำกลยุทธ์ทางด้านการตลาดแจกแถมมาใช้ โดยเฉพาะสินค้าที่จับกลุ่มเป้าหมายเด็กจะนิยมใช้การแจกของเล่นกันค่อนข้างมาก นอกจากนี้ผู้ประกอบการบางรายยังหันไปใช้กลยุทธ์ส่งเสริมการขายโดยการให้ซื้อบันเทิงเข้ามาเพื่อจับกลุ่มเป้าหมายวัยรุ่นที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก อาทิ การโฆษณาสินค้าบนปกเทปเพลง การเป็นสปอนเซอร์ให้กับนักร้องในการทัวร์คอนเสิร์ตตามสถานที่ต่าง ๆ รวมไปถึงการนำเอาดารานักร้องที่มีชื่อเสียงมาเป็นพรีเซ็นเตอร์สินค้าสำหรับผู้ประกอบการสินค้าขนมขบเคี้ยวนั้นมีเป็นจำนวนมาก แต่ที่มีการทำตลาดอย่างจริงจัง และสินค้าเป็นที่รู้จักมีอยู่หลายราย ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รายชื่อผู้ผลิตรายสำคัญของอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว

ผู้ผลิต	ประเภทและตรายี่ห้อสินค้า
บริษัท ยูอาร์ซี (ประเทศไทย) จำกัด	แจ๊คแอนด์จิลล์ โรลเลอร์ โคสเตอร์
บริษัท เบอร์ลี่ ยุคเกอร์ ฟู้ดส์ จำกัด	เทสโต
บริษัท สยามร่วมมิตร จำกัด	โกลเด้น แจ๊ค ฮานามิ เคนได้ คอร์นพัพฟ์
บริษัท ไทยกุลิโกะ จำกัด	กุลิโกะ
บริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด	โปเต้ ปาปริก้า คอนเน้
บริษัท เอสเอ็มทีซี จำกัด	ซิลิโกะ
บริษัท แฟชั่นฟู้ด จำกัด	ขนมอบกรอบแฟชั่นฟู้ด
บริษัท สยามเดลิฟู้ดส์ จำกัด	เบนโตะ
บริษัท คาลบี้ธนาวัฒน์ จำกัด	คาลบี้ แจ๊คซ์ โดเรมี บัน บัน
บริษัท โรงงานแมรวาย จำกัด	โก้แก้ว
บริษัท แหลมทองอุตสาหกรรมอาหาร จำกัด	ปลาแผ่นอบกรอบ
บริษัท ยูนิแชนป์ จำกัด	ก๊อบกอบ
บริษัท ขนมหสกล จำกัด	สแน็ค แคร็กเกอร์
บริษัท ทองการ์เด็น จำกัด	ทองการ์เด็น
บริษัท เอสฟิวาร์ ฟู้ด อินดัสตรี จำกัด	ขนมอบกรอบ
บริษัท เจ.ซี.อินเตอร์ฟู้ด จำกัด	ขนมอบกรอบ
บริษัท พรอคเตอร์แอนด์แกมเบิลเทรดดิ้ง(ประเทศไทย)	พริงเกิ้ล (นำเข้า)
บริษัท เปปซี่-โคล่า (ไทย) เทรดดิง จำกัด	เลย์ ทวิสตี้ ตะวัน ชันไบท์
บริษัท กู๊ดวินฟู้ดโปรดักส์ จำกัด	ตุ้มตาม คอร์นชิพ นิวเวฟ
บริษัท พี.เอ็ม.ฟู้ด จำกัด	ทาโร่ เซโต้
บริษัท ไทยยูเนียน โพรเซ่น โปรดักส์ จำกัด (มหาชน)	พิชโซ โอโทโร โดริ
บริษัท ที ไทย สแน็ค ฟู้ดส์ จำกัด	สควิดดี้
บริษัท ชันยางอุตสาหกรรมอาหาร จำกัด	เต่าทอง เท็นเท็น เท็นจิง
บริษัท มโนห์ราอุตสาหกรรมอาหาร จำกัด	ข้าวเกรียบมโนห์รา
บริษัท โมเดิร์น ฟู้ด อินดัสตรี จำกัด	เจดีย์คู่

ที่มา: วิภาดา คุณะสารพันธ์ (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยวมีการพัฒนาและเติบโตมาอย่างต่อเนื่อง ตามการขยายตัวของเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค ดังจะเห็นได้จากมูลค่าตลาดของขนมขบเคี้ยวที่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีมูลค่าตลาดในแต่ละปีสูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างเห็นได้ชัด คือ มีการเพิ่มขึ้นจากมูลค่าประมาณ 12,000 ล้านบาทในปี 2558 เป็นมูลค่าประมาณ 14,250 ล้านบาทในปี 2560 (ตารางที่ 2.5) ซึ่งมูลค่าตลาดของขนมขบเคี้ยวที่มีอัตราการขยายตัวสูงสุด ได้แก่ ถั่ว รongลงมา ได้แก่ มันฝรั่ง ปลาสวรรค์ ปลาหมึก ขนมน้จืด และข้าวเกรียบกุ้ง ตามลำดับ โดยมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 19 16 10 9 6 และ 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.5 มูลค่าตลาดของขนมขบเคี้ยว

มูลค่าตลาดขนมขบเคี้ยว	
ปี	มูลค่าตลาด (ล้านบาท)
2558	12,000
2559	13,000
2560	14,250

ที่มา: บริษัท มาร์เก็ตอินโฟ แอนด์คอมมิวนิเคชั่น จำกัด, วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

ตารางที่ 2.6 อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในตลาดขนมขบเคี้ยวในปี พ.ศ. 2558 – 2560

ร้อยละ	ขนมน้จืด	มันฝรั่ง	ปลา	ถั่ว	ข้าว	ข้าวอบ	ปลาหมึก	ข้าวโพด
	รูป		สวรรค์		เกรียบกุ้ง	กรอบ		
2558	9.57	9.97	13.92	13.40	7.60	7.71	2.35	13.33
2559	20.12	9.17	23.08	13.75	9.84	22.99	20.00	20.17
2560	6.15	15.56	9.67	18.51	1.35	9.30	8.85	15.38

ที่มา: (<http://cms.sme.go.th>, วันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2561)

นิตยสาร Marketeer ได้คาดว่าขนมขบเคี้ยวประเภทขนมน้จืด (Extruded Snack) กับขนมขบเคี้ยวประเภทมันฝรั่งทอดกรอบ (Potato Chip) ยังคงเป็นตลาดที่มีการแข่งขันสูงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นตลาดใหญ่ที่มีส่วนแบ่งอย่างละ 1 ใน 3 ของตลาดสแน็ครวม ประกอบกับการรุกตลาดของบริษัท เป๊ปซี่-โคล่า (เทรตติ้ง) ประเทศไทย จำกัด ซึ่งยิ่งจะทำให้การแข่งขันของขนมขบเคี้ยว 2 ตลาดนี้ทวีความรุนแรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความปลอดภัยทางอาหาร (Food safety) (นนุช เมธิยนต์พิริยะ, 2557)

หมายถึง การจัดการให้อาหารและสินค้าเกษตรที่นำมาเป็นอาหารบริโภคสำหรับมนุษย์มีความปลอดภัย โดยไม่มีลักษณะเป็นอาหารไม่บริสุทธิ์ตามกฎหมายว่าด้วยอาหาร และตามกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้บริโภคปลอดภัยจากอันตรายที่มาจากอาหารซึ่งสามารถจำแนกตามประเภทของอันตรายได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.2.1 อันตรายทางเคมี (Chemical Hazard) หมายถึงอันตรายที่เกิดจากสารเคมีที่มี

อยู่ตามธรรมชาติในวัตถุดิบที่ใช้แปรรูปอาหาร หรือเกิดการปนเปื้อน (contamination) ในระหว่างการผลิตวัตถุดิบ การแปรรูปอาหาร การบรรจุ และการเก็บรักษา ก่อนที่จะถึงมือผู้บริโภค

2.2.2 อันตรายทางชีวภาพ (Biological Hazard) หมายถึงอันตรายในอาหารที่เกิดจาก

จุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) หนอนพยาธิ (helminth) และไวรัส อันตรายทางชีวภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมอาหาร เพราะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ จุลินทรีย์เหล่านี้จึงสามารถติดมากับวัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต สิ่งแวดล้อมการผลิต และผู้ปฏิบัติต่ออาหาร ซึ่งสามารถถูกทำลาย หรือลดปริมาณ โดยการให้มาตรการควบคุมการผลิตที่เหมาะสม

2.2.3 อันตรายทางกายภาพ (Physical Hazard) หมายถึง สิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่ปนเปื้อน

ลงในอาหารทำให้เกิดการบาดเจ็บแก่ผู้บริโภค สาเหตุของการปนเปื้อนมีหลายสาเหตุโดยอาจมาจากวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ เช่น เศษหิน เศษไม้ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษพลาสติก ลวดเย็บกระดาษ ก้างปลา กระดุก ชิ้นส่วนแมลง เศษชิ้นส่วนจากอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษโลหะ เศษสีหลุดลอก เศษแก้วจากหลอดไฟหรือกระจกที่แตก เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เช่น น็อต เศษโลหะ เครื่องมือในการทำงาน ฝอยเหล็กทำความสะอาด ขนแปรง เศษผ้า สิ่งแวดล้อมบริเวณปฏิบัติงาน เช่น ฝุ่นผง แมลง ขนหนู มูลนกและหนู และจากพนักงาน เช่น เส้นผม กีบติดผม เครื่องประดับ ปากกา ดินสอ กระดุม พลาสติกเปิดแผล

อันตรายเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคในระดับต่างกัน อาจทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยหรืออาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ นอกจากผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคแล้ว ยังมีผลกระทบต่อผู้ประกอบการในเรื่องชื่อเสียงของสินค้าและการเรียกคืนสินค้า ทำให้เกิดจากสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกด้วย

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น

อันตรายทางกายภาพ	ลักษณะของอันตรายและการบาดเจ็บ
เศษแก้ว	จะบาดอวัยวะต่าง ๆ ทำให้เลือดออก อาจต้องใช้ศัลยแพทย์ เพื่อค้นหาหรือนำออกจากร่างกาย
เศษโลหะ	จะบาดอวัยวะต่าง ๆ หรือทำให้ฟันหักหรือบิ่น อาจต้องใช้ศัลยแพทย์ เพื่อค้นหาหรือนำออกจากร่างกาย
เศษไม้	จะฝังในอวัยวะต่าง ๆ ทำให้บาดเจ็บเป็นแผล
เศษหิน	อาจทำให้ฟันบิ่นหรือหักได้

ที่มา: National Seafood (1997)

นอกจากอันตรายที่เป็นของแข็งที่มีผลต่อการบาดเจ็บต่อผู้บริโภคลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ยังพบรายงานการปนเปื้อนของสิ่งอื่น ๆ ทางกายภาพที่ไม่มีผลโดยตรงกับผู้บริโภค แต่อาจมีผลต่อผู้บริโภคในลักษณะอื่น ๆ เช่น การปนเปื้อนของแมลง ชิ้นส่วนของตัวมอด แมลง ซึ่งมีผลต่อการทำให้เกิดอาการแพ้จากโปรตีนในตัวมอดโดยทดสอบการตอบสนองกับผิวหนังของมนุษย์ พบว่าทำให้เกิดรอยแดงบนผิวหนังและจากผลการศึกษาในห้องทดลอง พบว่าตัวมอดเป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดโรคหืดในคนงานโรงสีข้าวสาลี (Lunn, 1966) จากมูลของมอดโดยทดสอบกับผิวหนังของมนุษย์ พบว่าทำให้เกิดรอยแดงบนผิวหนัง (Frankland และ Lunn, 1965) การปนเปื้อนของดอกไม้หรืออื่น ๆ ดอกหญ้าเป็นแหล่งทำให้เกิดภูมิแพ้ทางระบบหายใจ จากการศึกษาพบว่าการแพ้เกสรดอกไม้ Timothy โดยการวัดปริมาณการเกิดขึ้นของสารแอนติบอดีในร่างกาย (Andersson และ Lidholm, 2003) และการปนเปื้อนของเศษหินซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดอาการเจ็บป่วยและไม่เห็นผลทันทีโดยตรงเหมือนกับอันตรายทางกายภาพที่เป็นของแข็ง เช่น เศษหิน เศษพลาสติก หรือของแข็งที่มีลักษณะแหลมคม เช่น เศษแก้ว เสี้ยนไม้ เศษเหล็ก โดยอันตรายที่ปนเปื้อนดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังนี้

1) จากรายงานว่ามีผลทำให้เกิดอันตรายต่อการบาดเจ็บของฟันและช่องปากของผู้บริโภคพบว่ามีกรณีเรียกคืนสินค้าที่ดำเนินการโดย USDA กรณีพิเศษแก้วในสินค้าอาหารเด็ก Beech-Nut CLASSIC sweet potato & chicken วันผลิต 12 Dec 2014 (USDA-United States Department of Agriculture, 2016)

2) จากรายงานพบว่ามีกรณีเรียกคืนสินค้า P.F. Chang's Home Menu Brand code 5006616500, code 5006617400 ในกรณีพบว่ามีกรณีปนเปื้อนเศษโลหะในน้ำตาลระหว่างขั้นตอนการผลิต (USDA-United States Department of Agriculture, 2016)

อันตรายทางกายภาพในอาหารโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) อันตรายทางกายภาพที่ไม่ได้ตั้งใจเติมลงในอาหาร เช่น เศษโลหะ ตะปู กรวด หิน ลวดเย็บกระดาษ เป็นต้น

2) อันตรายทางกายภาพที่อาจเป็นส่วนที่พบในธรรมชาติ เช่น เศษกระดูกที่ไม่คาดคิดว่าจะปะปนอยู่ในอาหาร

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งของอันตราย

อันตรายทางกายภาพ	แหล่งที่มาหรือสาเหตุ
โลหะ	ตะปู น็อต ตะแกรง แผ่นโลหะ
แก้ว	หลอดไฟ หน้าปัดนาฬิกา เทอร์โมมิเตอร์ หลอดไฟดักแมลง
ชิ้นไม้	ลัง แพลเลต ตัวยึดอุปกรณ์ โครงสร้างซึ่งอยู่เหนือศีรษะ
แมลง	สิ่งแวดล้อม เครื่องดักแมลง ถ้าพบในสารที่รับเข้ามา/มาจากผู้ผลิต
เส้นผม ขน	ส่วนประกอบที่เป็นเนื้อ ผู้ปฏิบัติงาน เสื้อผ้า สัตว์ฟันแทะ/สัตว์อื่น ๆ
เชื้อรา แผ่นเชื้อรา	สุขลักษณะที่ไม่ดี คือมีการทำความสะอาดเครื่องมือต่าง ๆ ไม่เพียงพอ
สัตว์ฟันแทะมูล	มีการควบคุมสัตว์ฟันแทะไม่เพียงพอ มาจากสารที่รับเข้า
หมากฝรั่ง/ห่อขนม	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งของอันตราย (ต่อ)

อันตรายทางกายภาพ	แหล่งที่มาหรือสาเหตุ
ฝุ่น/เศษหิน	วัตถุดิบ ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
เครื่องประดับ กระดุม	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ก้นบุหรี่	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
พลาสติกหรือปิดแผล	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ผ้าปิดปาก	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ป้ายชื่อติดชากัสต์ว์	โรงฆ่าสัตว์
เข็มฉีดยา	สัตว์แพทย์
ลูกปืน	สัตว์ที่ถูกฆ่านอกโรงสัตว์
ขนนก / มูลนก	สุขลักษณะที่ไม่ดี การควบคุมไม่ดีเพียงพอ
กรีส / น้ำมันหล่อลื่น	โปรแกรมการบำรุงรักษาไม่ดีพอ
ชิ้นส่วนปะเก็น	การบำรุงรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องมือไม่เพียงพอ

ที่มา : ธรณีส พงษ์มะจุล (2556) อ้างอิงจาก McSwanne และคณะ (1998)

คณะกรรมการด้านการประเมินอันตรายต่อสุขภาพจากหน่วยงานสำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA Health Hazard Evaluation Board) ได้รายงานจำนวนผู้ได้รับสัมผัสจากสิ่งแปลกปลอมที่มีความแข็งหรือแหลมคมในอาหารตั้งแต่ปีพ.ศ. 2551-2540 พบว่ามีจำนวนโดยประมาณ 190 ราย จำนวนผู้ได้รับสัมผัสเหล่านี้รวมทั้งผู้ที่ได้รับบาดเจ็บและไม่ได้รับบาดเจ็บ โดยพบว่าบาดเจ็บจากสิ่งแปลกปลอมชนิดแก้วมากที่สุด จากรายงานระบุว่าสิ่งแปลกปลอมในอาหารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 7 มิลลิเมตรมีโอกาสน้อยมากที่จะทำให้เกิดอาการรุนแรงหรือบาดเจ็บรุนแรงในคนปกติยกเว้นเป็นกรณีพิเศษในบางกลุ่ม เช่น เด็กทารก ผู้ป่วยพักฟื้นหลังการผ่าตัด และคนสูงวัย (FDA, 1999) ประเทศบราซิลได้รายงานถึงการพบสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์นมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2559 จากการร้องเรียนจากผู้บริโภคผ่านทางเว็บไซต์ร้องเรียนโดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้องเรียนมากที่สุดได้แก่ โยเกิร์ตและนมพร้อมดื่มคิดเป็นร้อยละ 37 นมยูเอชทีคิดเป็นร้อยละ 14.66 นมผงคิดเป็นร้อยละ 10.7 และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น เนยแข็งคิดเป็นร้อยละ 0.3 - 0.4 จากรายงานพบว่าสิ่งแปลกปลอมที่พบ ได้แก่ วัตถุแปลกปลอมคิดเป็นร้อยละ 42.4 แมลงคิดเป็นร้อยละ 23.3 เส้นผมคิดเป็นร้อยละ 15.2 พลาสติกคิดเป็นร้อยละ 11.1 โลหะคิดเป็นร้อยละ 6.2 และเศษด้ายหรือผ้าคิดเป็นร้อยละ 1.8 (Aguilar et al., 2018) ทั้งนี้ในส่วน of สิ่งที่เป็นของแข็งหรือของมีคมที่เป็นส่วนประกอบตามธรรมชาติในอาหาร เช่น กระดูกในอาหารทะเล เปลือกถั่วต่าง ๆ จะมีโอกาสก่อให้เกิดการได้รับสัมผัสและเกิดการบาดเจ็บได้น้อยเนื่องจากการระมัดระวังจากผู้บริโภคที่ทราบดีว่าเป็นองค์ประกอบพิเศษเฉพาะที่มีในอาหารตามธรรมชาติเหล่านั้น แต่มีข้อยกเว้นเมื่ออาหารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์สำเร็จที่มีการระบุฉลากอาหารว่าได้มีการนำชิ้นส่วนที่มีตามธรรมชาติเหล่านั้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วเช่น เมล็ดลูกมะกอก การพบว่ามีชิ้นส่วนของวัตถุแข็งและมีคม เช่น เศษเมล็ดลูกมะกอกนั้นจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการเพราะเป็นอันตรายทางกายภาพที่อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บขึ้นได้ ดังนั้นหน่วยงาน FDA จึงได้กำหนดแนวทางต่าง ๆ เพื่อจัดระดับการจัดการสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น (FDA, 1999 ; Olsen, 2017) โดยได้จำแนกอันตรายทางกายภาพที่สำคัญออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ วัตถุโลหะกลุ่มที่มีธาตุเหล็ก (Ferrous metal objects) ซึ่งมีปฏิกิริยาต่อแม่เหล็ก วัตถุโลหะกลุ่มที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า (Non-ferrous metal objects) เช่น ทองแดง และอะลูมิเนียม เป็นต้น และวัตถุอโลหะ (Nonmetallic objects) เช่น พลาสติก โดยชนิดตัวอย่างของอันตรายทางกายภาพ ในแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ชนิดตัวอย่างของอันตรายทางกายภาพ

ชนิดของอันตรายทางกายภาพที่สำคัญ								
วัตถุโลหะกลุ่มที่มีธาตุเหล็ก (Ferrous Metal Object)			วัตถุโลหะกลุ่มที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า (Non-Ferrous Metal Object)			วัตถุโลหะกลุ่มอโลหะ (Non-Metallic Object)		
ชนิด	อันตราย	แหล่ง	ชนิด	อันตราย	แหล่ง	ชนิด	อันตราย	แหล่ง
ตะขอ	บาดเจ็บ	วัตถุดิบ เช่น เบ็ด	โลหะเขื่อน	บาดเจ็บ	การซ่อมบำรุง เช่น ซ่อมประปา	กระดูก	บาดเจ็บ	การผลิต เช่น การแยกกระดูก
ชิ้นส่วนเครื่องจักร	บาดเจ็บในช่องปาก	กระบวนการผลิต	ลูกตะกั่ว/ลูกปืน	บาดเจ็บในช่องปาก	วัตถุดิบ	ฉนวนกันความร้อน	บาดเจ็บ	เส้นใย asbestos

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ชนิดตัวอย่างของอันตรายทางกายภาพ (ต่อ)

ชนิดของอันตรายทางกายภาพที่สำคัญ								
วัตถุโลหะกลุ่มที่มีธาตุเหล็ก (Ferrous Metal Object)			วัตถุโลหะกลุ่มที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า (Non-Ferrous Metal Object)			วัตถุโลหะกลุ่มอโลหะ (Non-Metallic Object)		
ชนิด	อันตราย	แหล่ง	ชนิด	อันตราย	แหล่ง	ชนิด	อันตราย	แหล่ง
ลวด		วัตถุดิบ เช่น ลวดมัดและ กระบวนการผลิต เช่น ตะแกรงร่อน	ลวด	บาดเจ็บ	การบำรุงรักษา ชนวน สายไฟ/ การผลิต เช่น ตะแกรงร่อน	เศษไม้	บาดเจ็บ	วัตถุดิบ เช่น ไม้ การผลิต เช่น ไม้ เครื่องมือที่มีจับเป็นไม้
ลวดเย็บ/ กุญแจ/ เป็ก	บาดเจ็บ	พนักงาน	เครื่องประดับ	บาดเจ็บ/ บาดเจ็บในช่องปาก	พนักงานผลิต	เศษแก้ว	บาดเจ็บ	การผลิต เช่น ไฟส่องสว่าง และเหยือกน้ำ
ตะปู	บาดเจ็บ	การบำรุงรักษา	สแตนเลส ตีล/รอยประสาน หลวม/ กระเด็นหลุด	บาดเจ็บในช่องปาก	การบำรุงรักษา	พลาสติกแข็ง	บาดเจ็บ	การผลิต เช่น ถังหรือบรรจุภัณฑ์
เครื่องมือ	บาดเจ็บในช่องปาก	การบำรุงรักษา	กระดุม/ เหยี่ยว	บาดเจ็บ	พนักงานผลิต	เปลือกหอย/ หิน/ แผลง/ เกล็ดไม้	บาดเจ็บ/ บาดเจ็บในช่องปาก	วัตถุดิบ

ที่มา : Alfred (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 แหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร (Sources of physical hazards during food processing)

การปนเปื้อนของอันตรายทางกายภาพลงในอาหารเกิดขึ้นได้ตลอดกระบวนการผลิตอาหาร ตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จสุดท้าย (Motarjemi & Lelieveld, 2014) โดยแหล่งของอันตรายทางกายภาพที่เกิดในระหว่างกระบวนการผลิตอาหารจึงแบ่งออกได้ตามแหล่งที่มาออกเป็น 3 ประเภท (Leonard, 2011) ได้แก่

2.2.4.1 วัตถุดิบที่นำเข้ามา (Incoming raw materials) ได้แก่ สิ่งแปลกปลอมชนิด เศษหิน ดิน กรวด ทราาย เศษไม้ เศษแก้วเปลือกหอย ฟันและทราายที่มักปะปนมาได้ด้วยวัตถุดิบทางด้านการเกษตรต่าง ๆ และวัตถุเจือปนอาหาร เช่น ถั่ว ธัญพืชต่าง ๆ และน้ำตาลทราายเป็นต้น เนื่องจากสิ่งแปลกปลอมเช่น เศษหินต่าง ๆ ทำให้ฟันเกิดการแตกหักได้เมื่อเกิดการเคี้ยวถูก ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องประกันความมั่นใจได้ว่าในขั้นตอนการรับวัตถุดิบทั้งหมดต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมโดยการใช้มาตรการควบคุมการกำจัดสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่สถานที่ผลิตของผู้ส่งมอบสินค้า รวมทั้งการประยุกต์ใช้วิธีการต่าง ๆ แยกสิ่งแปลกปลอมออก เช่น การใช้อากาศเป่า (Air separation) การสั่นสะเทือน (Vibration) การใช้ตะแกรงร่อน (Sieving) และการใช้แม่เหล็ก (Magnets) เป็นต้น

2.2.4.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอาหาร (Food processing equipment) ได้แก่ สิ่งแปลกปลอมชนิดชิ้นส่วนโลหะต่าง ๆ จากสลัก เกลียว ลูกปืน สกรู ตะแกรงและใยโลหะต่าง ๆ เป็นต้น โดยสาเหตุมักเกิดจากการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหารที่มีคุณภาพต่างหรือได้รับการออกแบบที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ รวมทั้งอาจเกิดจากพื้นผิวของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีลักษณะของโลหะที่กระทบโลหะ (Metal to metal contact) เช่น อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการตัดหรือหั่น (Mechanical cutting) บริเวณปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการผสมต่าง ๆ (Blending operations) และอุปกรณ์ชิ้นส่วนโลหะที่มีโอกาสหลุดขาดหรือเกิดการหลวมหลุดออกมาได้ เช่น ตะแกรงร่อน เข็มฉีดยา อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการร่อนหรือแยกส่วนขององค์ประกอบอาหารหรือวัตถุดิบต่าง ๆ และ เหล็กที่ใช้รัดอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น ล้วนเป็นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะต่าง ๆ ลงสู่อาหารได้ในระหว่างกระบวนการผลิต

2.2.4.3 ความผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐาน (Failures in prerequisites programs) ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานอาหาร GMP โดยอันตรายมักพบว่ามีสาเหตุจากการเกิดความผิดพลาดขึ้นในกระบวนการผลิตที่มีข้อบกพร่องจากการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตรวมทั้ง

การไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของกระบวนการผลิตอาหารที่เป็นโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐานจึงทำให้พบอันตรายทางกายภาพต่าง ๆ ได้แก่

- เศษแก้วจากโคมไฟ นาฬิกา เทอร์โมมิเตอร์และฝาครอบเครื่องดักแมลง
- เศษไม้จากโครงไม้ พาเลต
- แมลงจากสิ่งแวดล้อมและส่วนประกอบอาหาร

ในกรณีที่พบสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพอื่น ๆ ที่ไม่ได้ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคหรือทำให้เกิดการบาดเจ็บแต่อาจทำให้เกิดอันตรายทางชีวภาพขึ้นได้อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนมากับสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น เช่น เศษผมหรือขนจากส่วนประกอบประเภทเนื้อสัตว์ พนักงาน เสื้อผ้าและสัตว์พื้นเพาะต่าง ๆ ราและคราบเชื้อราจากการสุขาภิบาลโรงงานอาหารที่บกพร่อง

2.3 มาตรฐานสินค้าเกษตรมันฝรั่งสำหรับการแปรรูป (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดได้กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง มันฝรั่งสำหรับการแปรรูป มาตรฐานสินค้าเกษตร ปี 2561

2.3.1 นิยาม - ขอบข่าย

มาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ใช้กับหัวมันฝรั่งซึ่งได้จากพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum tuberosum* L. วงศ์ Solanaceae พันธุ์ที่ผลิตเป็นการค้า ที่ผ่านการเตรียมและบรรจุหีบห่อเพื่อจำหน่ายในรูปผลิตผลสดสำหรับการแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดกรอบ

2.3.2 คุณภาพและการแบ่งชั้นคุณภาพมันฝรั่ง

ข้อกำหนดขั้นต่ำ

มันฝรั่งทุกชั้นคุณภาพต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้นคุณภาพ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มีได้ตามที่ระบุไว้

- ก) เป็นมันฝรั่งทั้งหัว
- ข) ตรงตามพันธุ์
- ค) สด
- ง) เนื้อแน่น
- จ) ไม่มีการงอกของตา
- ฉ) ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรงที่มีผลต่อการนำไปแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข) ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
- ช) ไม่เสื่อมคุณภาพหรือไม่เน่าเสียที่ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค
- ฌ) ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะของมันฝรั่ง
- ญ) ไม่มีความเสียหายเนื่องมาจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมันฝรั่ง
- ฎ) ไม่มีความชื้นที่ผิดปกติที่ผิวมันฝรั่ง โดยไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดหลังจากนำมันฝรั่งออกจากห้องเย็น
- ฏ) ไม่มีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และ/หรืออุณหภูมิสูง
- ฐ) ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม
- ท) มีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ไม่ต่ำกว่า 1.070

มันฝรั่งต้องมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ผิวเปลือกพัฒนาสมบูรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูกาล แหล่งที่ปลูก และ/หรือความต้องการของตลาด

2.3.2.1 การแบ่งชั้นคุณภาพมันฝรั่ง

มันฝรั่งตามมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ แบ่งเป็น 2 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

ชั้นหนึ่ง (Class I)

มันฝรั่งในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุดใน รอยแตกตามธรรมชาติ ไม่มีความเสียหายจากเครื่องมือ/เครื่องจักร ผิวด้านนอกไม่มีสีเขียว ในกรณีที่มีตำหนิต้องมองเห็นได้ไม่ชัดเจน และไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะทั่วไป คุณภาพของเนื้อมันฝรั่ง และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา มันฝรั่งในชั้นนี้ ต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.081

ชั้นสอง (Class II)

มันฝรั่งในชั้นนี้รวมมันฝรั่งที่มีคุณภาพไม่เข้าชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพตามข้อกำหนดขั้นต่ำ ข้อ 2.3.2 มันฝรั่งในชั้นนี้มีความผิดปกติด้านสีหรือตำหนิได้ ทั้งนี้ความผิดปกติหรือตำหนิต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อมันฝรั่ง และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

- ก) รอยแตกตามธรรมชาติ กว้างไม่เกิน 1 เซนติเมตร ลึกไม่เกิน 1 เซนติเมตร
- ข) ความเสียหายจากเครื่องมือ/เครื่องจักร ยาวไม่เกิน 1 เซนติเมตร ลึกไม่เกิน 1 เซนติเมตร
- ค) ผิวด้านนอกมีสีเขียว โดยรวมไม่เกิน 5% ของพื้นที่ผิวของมันฝรั่ง
- ง) ตำหนิที่ผิว เช่น รอยถลอกหรือรอยข้ำ เนื่องจากการเก็บเกี่ยว หรือการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 5% ของพื้นที่ผิวของมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สารปนเปื้อน

ปริมาณสารปนเปื้อนในมันฝรั่งให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายหรือข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกี่ยวข้อง

2.3.4 สารพิษตกค้าง

ปริมาณสารพิษตกค้างในมันฝรั่ง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และ มกษ. 9002 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด และ มกษ. 9003 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

2.3.5 สุขลักษณะ

การผลิตและการปฏิบัติต่อมันฝรั่งในขั้นตอนต่าง ๆ รวมถึงการเก็บรักษา การบรรจุ และการขนส่งต้องปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค หรือได้รับการรับรองตาม มกษ.9001 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร หรือมาตรฐาน GAP ที่เทียบเท่า

2.4 เครื่องมือตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม

2.4.1 เครื่องเอ็กซ์เรย์ (X - Ray)

เอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนช่วยให้การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมระบุสิ่งปลอมปน เช่น กระดูกที่กลายเป็นตะกรัน แก้ว โลหะ หินแร่ พลาสติกความหนาแน่นสูงและยางที่ใช้ในการใช้งานการผลิตที่ไม่มีการบรรจุหีบห่อสูง อุปกรณ์คัดแยกถูกตั้งค่าเพื่อให้แน่ใจว่ามีการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนอย่างถูกต้องรับประกันการปกป้องแบรนต์ที่สมบูรณ์และรับประกันความปลอดภัยของอาหารสำหรับผู้บริโภค

หลักการตรวจจับเอ็กซ์เรย์ โดยรังสีเอ็กซ์คือรูปแบบของแสง โดยกำเนิดขึ้นมา

ในรูปของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานที่สูงขึ้นที่เดินทางด้วยความเร็วแสงและเป็นเส้นตรง เช่นเดียวกับคลื่นแสงปกติ อย่างไรก็ตาม ความยาวคลื่น (ระยะห่างระหว่างยอดคลื่นแต่ละยอด) ของรังสีนี้สั้นกว่าความยาวคลื่นของแสงธรรมดาหลายพันเท่า ดังนั้น รังสีเอ็กซ์จึงมี

ความถี่สูงกว่ามากเนื่องจากพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสัมพันธ์กับความถี่ของคลื่น โดยตรง ดังนั้น รังสีเอ็กซ์จึงมีพลังงานและความสามารถในการทะลุผ่านได้มากกว่าคลื่นแสง ซึ่งทำให้อิเล็กตรอนสามารถเดินทางผ่านวัสดุที่คลื่นแสงธรรมดาไม่สามารถผ่านได้ ในวัสดุบางประเภท เช่น แก้วและพลาสติก ยอมให้แสงผ่านได้อย่างง่ายดาย ในขณะที่วัสดุบางประเภท เช่น ไม้และโลหะ ไม่ยอมให้แสงผ่านไปได้อย่างง่าย เมื่อรังสีเอ็กซ์เดินทางผ่านวัสดุ รังสีเอ็กซ์จะต้องเคลื่อนผ่านอะตอมจำนวนมากเพื่อที่จะไพล่ออกมาที่อีกด้านหนึ่ง และอิเล็กตรอนในอะตอมเหล่านั้นนั่นเองที่เป็นสิ่งขวางกั้นหลักของรังสีเอ็กซ์ ยังมีอิเล็กตรอนมากเท่าใด ก็ยังมีโอกาสดูดซับรังสีเอ็กซ์ได้มากขึ้นเท่านั้น และก็ทำให้มีโอกาสน้อยลงที่รังสีเอ็กซ์จะไพล่ออกมาจากวัสดุได้ รังสีเอ็กซ์มีแนวโน้มที่จะทะลุผ่านวัสดุที่ทำจากอะตอมที่เบากว่า ซึ่งมีอิเล็กตรอนค่อนข้างน้อย แต่จะถูกสกัดกั้นโดยอะตอมที่หนักกว่าซึ่งมีอิเล็กตรอนมากกว่า ตะกั่วซึ่งเป็นโลหะหนักที่มีอิเล็กตรอน 82 ตัวมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในการสกัดกั้นรังสีเอ็กซ์ จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมเจ้าหน้าที่ในห้องตรวจเอ็กซ์เรย์ในโรงพยาบาลจึงสวมเสื้อตะกั่วป้องกันรังสีและยืนอยู่หลังฉากตะกั่วป้องกันรังสีข้อเท็จจริงที่ว่าวัสดุบางอย่างยอมให้รังสีเอ็กซ์เดินทางผ่านได้ง่ายกว่าวัสดุอื่น ๆ คือหัวใจของการตรวจสอบสิ่งปลอมปนด้วยการเอ็กซ์เรย์ ตัวอย่างเช่น เมื่อถ่ายภาพเอ็กซ์เรย์ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อในสายการผลิตโดยถือเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ สิ่งปลอมปนที่มีความหนาแน่นสูง (มีจำนวนอะตอมและอิเล็กตรอนในปริมาณมาก) เช่น เศษโลหะ เศษกระดูก เศษหิน หรือวัสดุอื่น ๆ ที่กล่าวมา จะดูดซับรังสีเอ็กซ์มากกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น ๆ (การดูดกลืนสัมพัทธ์) และจึงทำให้สามารถตรวจพบสิ่งปลอมปนในการเอ็กซ์เรย์ และสามารถตรวจพบได้อย่างง่ายดายด้วยระบบเอ็กซ์เรย์เพื่อตรวจสอบสิ่งปลอมปน

2.4.2 การประยุกต์ใช้รังสีเอ็กซ์ในทางอาหารและยา

ระบบเอ็กซ์เรย์สำหรับภาคธุรกิจด้านอาหารและเภสัชภัณฑ์ได้รับการสร้างขึ้นเพื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมการปฏิบัติงานที่สมบุกสมบันระบบเหล่านี้จะทำงานโดยอัตโนมัติทั้งหมดทำงานที่ระดับความเร็วสูงในสายการผลิตและโดยทั่วไปเป็นระบบที่ถูกออกแบบมาเพื่อค้นหาสิ่งปลอมปนที่หลากหลาย ซึ่งโดยปกติจะเป็นวัตถุที่มีขนาดเล็กมากการนำเครื่องเอ็กซ์เรย์มาใช้กับระบบงานการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นการปกป้อง

คุ้มครองแบรนด์ของผู้ผลิตและลดความเสี่ยงให้กับผู้บริโภค และลดความเป็นไปได้ในการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ที่มีค่าใช้จ่ายสูงได้เป็นอย่างมาก

2.4.3 การนำระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนมาใช้ในงานด้านความปลอดภัยของอาหาร

ระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนในอุตสาหกรรมอาหารใช้รังสีในระดับที่ต่ำมาก และการใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนได้รับการควบคุมอย่างเข้มงวดและใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นผู้ผลิตอาหารใช้เทคโนโลยีเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนเพื่อให้มั่นใจว่าสินค้ามีความปลอดภัยและมีคุณภาพตามมาตรฐาน และระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนช่วยให้สามารถตรวจจับโลหะประเภทกลุ่มเหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก และสแตนเลสตีลได้อย่างยอดเยี่ยม เทคโนโลยีนี้ยังโดดเด่นในด้านการตรวจจับวัตถุแปลกปลอมอื่น เช่น เศษแก้ว หินแร่ เศษกระดูก พลาสติกความหนาแน่นสูง และยาง อย่างไรก็ตาม ระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนยังสามารถทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพในสายการผลิตควบคู่กับการทำงานอื่น ๆ อันหลากหลาย เช่น การชั่งน้ำหนัก การนับจำนวนชิ้น การระบุเมื่อผลิตภัณฑ์ไม่ครบถ้วนหรือชำรุดเสียหาย การตรวจสอบระดับการบรรจุการตรวจวัดพื้นที่ว่างด้านบน การตรวจสอบความสมบูรณ์ในการซีลและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่ชำรุดเสียหาย

2.4.4 ความหนาแน่นของสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์อาหารและความสามารถในการตรวจจับของรังสีเอ็กซ์เรย์ของเครื่องเอ็กซ์เรย์

ชนิดของอาหารมากมายมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก อาหารเหล่านี้จึงมีความหนาแน่นสัมพัทธ์คล้ายคลึงกับน้ำ (1,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ค่านี้ซึ่งแสดงในพจน์ของความถ่วงจำเพาะจะเป็นค่า Specific Gravity ที่เท่ากับ 1.0 ซึ่งโดยปกติแล้วถือว่าเป็นจุดที่ทราบค่าตามตารางที่ 2.8 กระบวนการที่มีชื่อว่า “การดูดกลืนสัมพัทธ์” เป็นหัวใจสำคัญของเทคโนโลยีที่นำระบบเอ็กซ์เรย์มาใช้ตรวจสอบสิ่งปลอมปน โดยอ้างอิงถึงจำนวนที่แตกต่างกัน

ของรังสีเอ็กซ์เรย์ที่วัสดุต่าง ๆ ดูดกลืน และให้ผ่านไปได้ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดระดับความไว และประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนทั้งหมด โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลในตารางที่ 2.10 จะไม่สามารถตรวจจับได้เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีความหนาแน่นน้อยกว่า หรือใกล้เคียงมากกับความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อาหาร ค่าความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นรายการนับจากด้านบนของตารางจะดูดกลืนพลังงานรังสีเอ็กซ์เรย์ได้มากกว่าและตรวจจับได้ง่ายกว่า นั่นหมายความว่าจะสามารถตรวจจับอนุภาคขนาดเล็กของสิ่งที่จะบุนอยู่ในรายการเหล่านี้ได้ ตัวอย่างเช่น ไม้เป็นวัสดุที่แข็งมากแต่มีความหนาแน่นน้อยมากและด้วยเหตุนี้โดยปกติจึงไม่สามารถตรวจจับได้ พลาสติกส่วนใหญ่ก็มีลักษณะแข็งมากเช่นกันแต่แสดงความหนาแน่นที่คล้ายคลึงกันกับน้ำซึ่งทำให้ตรวจจับวัสดุเหล่านี้ได้ยากในผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นคล้ายคลึงกันกับน้ำ จึงทำให้ระบบนี้ตรวจจับไม่ได้ทุกสิ่งทุกอย่าง แต่ระบบดังกล่าวก็มีประสิทธิภาพผลอย่างมากในการตรวจจับสิ่งปลอมปนที่มีความหนาแน่นโลหะที่เป็นเหล็ก โลหะส่วนใหญ่ที่ไม่ใช่เหล็ก และโลหะชนิดสแตนเลสตีลแล้วแต่มีความถ่วงจำเพาะในช่วงระหว่าง 7.0 ถึง 8.0 ดังนั้นโลหะทั้งสามชนิดนี้จึงสามารถตรวจจับได้ที่ระดับความไว (ขนาด) เดียวกันอะลูมิเนียมซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) เท่ากับ 2.71 และเป็นโลหะที่มีความหนาแน่นต่ำจะตรวจจับด้วยรังสีเอ็กซ์ได้ที่ระดับ (ขนาด) ซึ่งคล้ายคลึงกันกับแก้วและก้อนหินที่มีความหนาแน่นคล้ายคลึงกันจุดแข็งที่เชื่อมโยงประการหนึ่งของรังสีเอ็กซ์ก็คือรังสีนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นอย่างยิ่งในการตรวจจับสิ่งปลอมปนที่มีความหนาแน่นในบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยแผ่นฟอยล์อะลูมิเนียมหรือแผ่นฟิล์มเคลือบโลหะ เนื่องจากแผ่นฟอยล์หรือแผ่นฟิล์มดังกล่าวมีลักษณะบางมาก วัสดุนี้จึงดูดกลืนพลังงานของรังสีเอ็กซ์ได้เล็กน้อยมากผลก็คือระบบเอ็กซ์เรย์จึงมองไม่เห็นวัสดุดังกล่าว ระบบเอ็กซ์เรย์ส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายทั่วโลกในแวดวงอุตสาหกรรมอาหารจะใช้เพื่อการตรวจสอบหาสิ่งปลอมปนชนิดโลหะในบรรจุภัณฑ์ชนิดแผ่นฟอยล์โลหะหรือแผ่นฟิล์มเคลือบโลหะ โดยการตรวจจับสแตนเลสตีลเป็นเป้าหมายที่พบเห็นได้โดยทั่วไปมากที่สุด

กล่าวโดยสรุปก็คือรังสีเอ็กซ์จะทำงานได้ดีมากในการตรวจจับสิ่งปลอมปนประเภทโลหะที่เป็นเหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก และโลหะชนิดสแตนเลสตีลรวมทั้งแก้วและหินแร่ เป็นต้น

ตารางที่ 2.10 ความหนาแน่นของสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์อาหารและความสามารถในการตรวจจับของรังสีเอกซ์เรย์

สิ่งปลอมปนทั่วไป ในอาหาร	ความหนาแน่นทั่วไป (กิโลกรัมต่อตาราง เมตร)	ความสามารถ ในการตรวจจับ
ทองคำ	19.30	ตรวจจับได้ง่าย
ตะกั่ว	11.30	
ทองแดง	8.92	
สแตนเลสตีล	7.93	
เหล็กกล้า	7.86	
เหล็ก	7.15	
อลูมิเนียม	2.71	ตรวจจับได้ง่าย
แก้ว	2.40 – 2.80	
เศษหิน	2.30 – 3.00	
กระดูก	2.20	
PTFE	2.19	ตรวจจับได้บ้าง
PVC	1.5	
อะซิติก	1.31	ตรวจจับไม่ได้
โพลีคาร์บอนเนต	1.20	
ไนลอน	1.15	
น้ำ	1.00	อาหารทั่วไป
โพลีโพรพิลีน	0.90	โดยทั่วไปไม่สามารถตรวจจับได้
ไม้	0.65	
แมลง	0.59	
เมล็ดเชอร์รี่	0.56	
เส้นผม	0.32	

ที่มา : Mettler Toledo (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector), วัฒนชัย ขำวิจิตราภรณ์ (2562)

เครื่องตรวจจับโลหะสามารถตรวจจับโลหะได้โดยอาศัยการสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำระหว่าง ขดลวดส่งสัญญาณและขดลวดรับสัญญาณโดยจะนำมาพันอยู่ภายในเครื่องตรวจจับโลหะในตำแหน่งและจำนวนที่เหมาะสมเพื่อสร้างคลื่นพลังงานเกิดเป็นสนามแม่เหล็กแบบสมมูลโดยรอบบริเวณขดลวดทั้งสองเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนโลหะเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กที่สมมูลเครื่องตรวจจับโลหะจะตรวจสัญญาณที่เกิดขึ้นและประมวลผลเพื่อให้ทราบการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบ

การตรวจหาสิ่งแปลกปลอมประเภทโลหะในปัจจุบัน มีการใช้เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal detector) ในการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งปลอมปนประเภทโลหะ (Metal) ในสินค้าและวัตถุดิบ กระบวนการตรวจสอบนี้ยังมีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการควบคุมอันตราย ณ จุดควบคุมวิกฤต (Critical Control Point: CCP) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ระบบ HACCP สำหรับอุตสาหกรรมอาหารหรืออุตสาหกรรมเครื่องอุปโภค เช่น การผลิตเสื้อผ้า โรงงานยาสูบเนื่องจากการปนเปื้อนของเศษโลหะนั้นจะส่งผลต่อการควบคุมกระบวนการผลิตและเครื่องจักรรวมถึงอันตรายที่ผู้บริโภคหรือ อุปโภคได้รับจากการปนเปื้อนโลหะดังกล่าว การใช้เครื่องตรวจจับโลหะเพื่อการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในสินค้าหรือวัตถุดิบจึงต้องเลือกใช้เครื่องมือและผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในการควบคุมเครื่องมือและมีระบบการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือได้อย่าง ถูกต้องโดยผู้ควบคุมเครื่องตรวจจับโลหะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงหลักการ ทำงานของเครื่องและแนวทางการควบคุมการทำงานให้สามารถเครื่องตรวจจับโลหะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เครื่องตรวจจับโลหะเพื่อการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในสินค้าและผลิตภัณฑ์หรือวัตถุดิบ จึงต้องเลือกใช้เครื่องมือและ ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในการควบคุมเครื่องมือและมีระบบการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือได้อย่าง ถูกต้องโดยผู้ควบคุมเครื่องตรวจจับโลหะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงหลักการ ทำงานของเครื่องและแนวทางการควบคุมการทำงานให้สามารถเครื่องตรวจจับโลหะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยสามารถ แบ่งกลุ่มโลหะตามประเภทของโลหะแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

ก) กลุ่มโลหะที่มีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบ (Ferrous)

ข) กลุ่มโลหะที่ไม่มีธาตุเหล็ก (Non-Ferrous)

ค) โลหะกลุ่มสแตนเลส

2.4.6 แหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะ

แหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะมีมากมาย และแม้แต่การควบคุมที่เข้มงวดก็ไม่สามารถป้องกันเหตุการณ์ที่มีโลหะชิ้นเล็ก ๆ ติดเข้าไปในผลิตภัณฑ์ที่ส่งต่อไปยังผู้บริโภคที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว วิธีการปฏิบัติงานที่ดีจะช่วยลดความน่าจะเป็นที่โลหะปนเปื้อนจะเข้าสู่กระบวนการผลิต นอกจากนั้น การออกแบบอุปกรณ์ที่ถูกต้อง และการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความน่าจะเป็นของการตรวจจับ และการคัดอนุภาคโลหะใด ๆ เข้าไปอยู่ในผลิตภัณฑ์แล้วออกได้อย่างเชื่อถือได้ การปนเปื้อนมักจะมาจากแหล่งเหล่านี้ ได้แก่

ก) สิ่งแปลกปลอมจากวัตถุดิบ บ้ายโลหะ กระจุนเป็นในเนื้อสัตว์ เส้นลวดในข้าวสาลี ลวดตะแกรงในวัสดุผง ชิ้นส่วนรถแทรกเตอร์ในผัก เบ็ดในปลา ลวดเย็บกระดาษ และลวดเย็บขนาดใหญ่

ข) สิ่งแปลกปลอมจากของใช้ส่วนตัวกระดุม ปากกา เครื่องประดับ อัญมณี เหยี่ยว กุญแจ กีบติดผม หมุด ปลายแหลมหัวแบน เข็มหมุด คลิปหนีบกระดาษ ฯลฯ

ค) สิ่งแปลกปลอมจากการบำรุงรักษา ไขควง และเครื่องมือที่คล้ายกัน เศษโลหะ และสแลกจากการเชื่อมโลหะเพื่อซ่อมแซม เศษลวดทองแดงจากการซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นส่วนเบ็ดเตล็ดจากการทำความสะอาดที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือความไม่ระมัดระวัง รวมทั้งเศษโลหะจากการซ่อมท่อ

ง) สิ่งแปลกปลอมจากกระบวนการในโรงงานผลิต อันตรายของการปนเปื้อนมีอยู่ตลอดเวลาที่มีการหยิบจับผลิตภัณฑ์หรือขณะผ่านเข้ากระบวนการผลิต เครื่องบด เครื่องผสม เครื่องปั่น เครื่องหั่น และระบบขนส่งสามารถเป็นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะได้ ตัวอย่างของการปนเปื้อนโลหะจากแหล่งที่มาเหล่านี้ประกอบด้วยหน้าจอแตก เศษโลหะจากเครื่องสี และฟอยล์จากผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่

ตารางที่ 2.11 ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างประสิทธิภาพของขั้นตอนตรวจจับโลหะและเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพ

	การตรวจจับโลหะ	การตรวจสอบด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์
การตรวจสอบสิ่งปนเปื้อน	การตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนที่เป็นโลหะทั้งหมดรวมถึงโลหะที่เป็นเหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (รวมทั้งอะลูมิเนียม) และสแตนเลสตีลทั้งที่เป็นแม่เหล็ก และไม่แม่เหล็ก	การตรวจจับสารปนเปื้อนที่มีความหนาแน่น เช่น โลหะที่เป็นเหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก และสแตนเลสตีล เช่นเดียวกับกับสารปนเปื้อนอื่น เช่น แก้ว หิน กระจก พลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงและยางพาราที่ผสมสารเคมีบางชนิด
สิ่งปนเปื้อนที่สามารถตรวจจับได้	สิ่งปนเปื้อนจะต้องเป็นออสเทนนิติก สามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้หรือสามารถนำไฟฟ้าได้	สิ่งปนเปื้อนจะต้องมีความหนาแน่นสูง หรือมีเลขมวลสูง

2.4.6 ความสามารถของระบบอิเล็กทรอนิกส์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนและระบบตรวจจับโลหะ

สามารถติดตั้งระบบตรวจจับโลหะและระบบอิเล็กทรอนิกส์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนที่จุดควบคุมวิกฤต (CCP) เพื่อตรวจสอบวัตถุดิบที่กำลังเคลื่อนเข้ามาก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนผลิตต่อไป หรือที่จุดอื่น ๆ จำนวนมากมายในกระบวนการผลิต และยังสามารถติดตั้งระบบตรวจสอบที่ขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตหรือสายงานการบรรจุหีบห่อได้เช่นกัน เครื่องตรวจจับโลหะสมัยใหม่สามารถตรวจจับโลหะได้ทุกประเภท ซึ่งประกอบด้วยโลหะที่เป็นเหล็ก (โครเมียม, เหล็กกล้า ฯลฯ) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (ทองเหลือง, อะลูมิเนียม) รวมถึงสแตนเลสตีลที่เป็นแม่เหล็กและไม่แม่เหล็กในผลิตภัณฑ์อาหารและยา

ทั้งนี้ระบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถตรวจจับโลหะ รวมถึงสิ่งปลอมปนที่ไม่ใช่โลหะ เช่น เศษแก้ว หินแร่ เศษกระดูกแข็ง พลาสติกความหนาแน่นสูง และยาง และยังสามารถทำการตรวจสอบคุณภาพหลาย ๆ ด้านในระหว่างกระบวนการผลิตไปพร้อมกัน ได้แก่ การตรวจสอบน้ำหนัก การนับส่วนประกอบ การ

ระบุเมื่อพบสินค้าที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์หรือชำรุดเสียหาย การตรวจสอบระดับการบรรจุ การตรวจวัดพื้นที่ว่างจากผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ถึงด้านในของฝา การตรวจสอบความสมบูรณ์ของการซีล และการตรวจผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เสียหาย

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ระบบตรวจจับโลหะและระบบเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบสิ่งปลอมปนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่บรรจุหีบห่อและผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อ เทคโนโลยีเอ็กซ์เรย์นิยมใช้กันทั่วไปในการตรวจสอบกระป๋องโลหะและผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในพอยล์หรือแผ่นฟิล์มเคลือบโลหะอย่างไรก็ตาม ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับโลหะใหม่ล่าสุดทำให้ในปัจจุบันสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์บรรจุในแผ่นฟิล์มเคลือบโลหะที่มีผลลัพท์ที่ดียิ่งขึ้นใกล้เคียงกับการใช้ระบบเอ็กซ์เรย์ในการใช้งานบางรูปแบบสำหรับการตรวจจับโลหะปนเปื้อน

การใช้งานระบบการตรวจจับโลหะให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดคือการเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการลดสารปนเปื้อนโลหะที่กว้างขวางขึ้นครอบคลุมกว้างขวางซึ่งออกแบบมาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหลายประการ ได้แก่ การตรวจจับการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ การดำเนินการเชิงป้องกันที่เหมาะสมเมื่อตรวจพบการปนเปื้อน และการใช้มาตรการที่เหมาะสมซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะตั้งแต่แรก การให้เหตุผลในการจัดซื้อระบบการตรวจจับโลหะที่ออกแบบมาเป็นอย่างดี และเหตุผลสำหรับการนำไปใช้ สามารถแสดงให้เห็นได้โดยการพิจารณาผลประโยชน์ที่จะได้รับคือ การลดการปนเปื้อนในโลหะให้เหลือน้อยที่สุด ลดต้นทุนให้เหลือน้อยที่สุด ช่วยคุ้มครองลูกค้าและผู้บริโภคปกป้องแบรนด์ และชื่อเสียง การขอการรับรอง และการปฏิบัติตามมาตรฐานผู้ค้าปลีกและสินค้าอุปโภคบริโภค เป็นต้น

2.5 นิยามศัพท์

2.5.1 ความถูกต้อง / ความแม่นยำ (Accuracy)

ความถูกต้องหรือความแม่นยำ เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง ตัวอย่างเช่น ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงคือ 200 V เมื่อนำมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ามาวัดสามารถอ่านค่าได้ 204 205 203 203 และ 205 V แสดงว่าเครื่องมือวัดนี้มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสามารถในการอ่านค่าซ้ำ (repeatability) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับเครื่องมือวัดที่ให้ค่าความแม่นยำต่ำอาจเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะเครื่องมือวัดขาดการสอบเทียบ (calibration) ดังนั้นหากต้องการให้เครื่องมือวัดค่าได้ถูกต้องควรทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

2.5.2 ความเที่ยงตรง (Precision)

ความเที่ยงตรงเป็นค่าที่นิยมใช้และแสดงความหมายใกล้เคียงกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความเที่ยงตรงมีความหมายที่แตกต่างจากความแม่นยำ โดยความเที่ยงตรงเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือวัดในการแสดงค่าเดิมเมื่อทำการวัดหลายๆครั้ง หรือความสามารถในการแสดงค่าซ้ำ (repeatability) ของเครื่องมือวัดภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดิม จากตัวอย่างข้างต้นสามารถแสดงได้ว่าเครื่องมือวัดอ่านค่าได้เท่ากับ 204 ± 1 V ซึ่งมีความหมายว่า เครื่องมือวัดให้ความเที่ยงตรงน้อยกว่า 0.5 V เปอร์เซ็นต์ เครื่องมือวัดที่ได้รับการออกแบบที่ดี ทำให้มีความเที่ยงตรงในการแสดงค่าสูง ส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีความถูกต้องแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม การวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องนั้น เครื่องมือวัดควรได้รับการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอด้วย (นวกัทธา หนูนาถ และทวีพล ชี้อัสตย์, 2555) การเปรียบเทียบนิยามของความแม่นยำและความเที่ยงตรงของการวัด (ภาพที่ 2.1 – 2.4)



รูปที่ 2.1 ค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่ำ (Low accuracy and Low precision)



รูปที่ 2.2 ค่าความแม่นยำต่ำแต่ค่าความเที่ยงตรงสูง (Low accuracy but High precision)



รูปที่ 2.3 ค่าความแม่นยำสูงแต่ค่าความเที่ยงตรงต่ำ (High accuracy but Low precision)



รูปที่ 2.4 ค่าความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงสูง (High accuracy and High precision)

ภาพที่ 2.1-2.4 ความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

ที่มา : นวภัทรา หนูนาคน และทวีพล ชี้อัสตัย (2555)

2.5.3 การยืนยันความถูกต้อง (Validation)

กระบวนการหาหลักฐานหรือการยืนยันด้วยหลักฐาน เพื่อให้มั่นใจถึงมาตรการหรือวิธีที่กำหนดไว้ มีความสามารถในการควบคุมอันตรายที่มีการระบุไว้ (Codex, 2008)

2.5.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error)

(นวภัทรา และทวีพล, 2555)

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด

$$\text{Absolute error} = |X_{\text{mea}} - X_t| \quad (1.1)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\text{Relative error} = \frac{|X_{\text{mea}} - X_t|}{X_t} \quad (1.2)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (1.3)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง (% Accuracy) (1.4)

$$\% \text{ Accuracy} = 100 - \% \text{ Error}$$

$$= \frac{x_i - x_m}{x_m}$$

ค่าความเที่ยงตรง (Precision) (1.5)

$$\text{Precision} = \frac{|x_i - x_m|}{x_m}$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n x_i$$

โดย x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง

$\sum_{x=1}^n x_i$ คือ ผลรวมของค่าการวัดทั้งหมด

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วารุณี ผิวงาม (2560) ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวเปลือกและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง พบว่าจุดที่มีการปนเปื้อนจากขั้นตอนการผลิตข้าวสามารถประเมินได้ว่าแหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นก่อนผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยพบว่าจุดที่ทำให้ปนเปื้อนอาจมาได้จากทั้งวัตถุดิบ สัตว์พาหะ สามารถหลุดลอดมาจากตะแกรงทำความสะอาดและเครื่องแยกหิน ซึ่งหินที่มีขนาดเล็กสามารถหลุดลอดมาได้การกะเทาะและตะแกรงโยกที่มีข้าวเปลือกปนเปื้อนมากับข้าว

สุคันธา โอศิริพันธุ์ (2561) สิ่งแปลกปลอมชนิดอันตรายทางกายภาพที่พบในอาหารเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่ผู้บริโภคร้องเรียนต่อโรงงานอาหาร ทั้งยังสะท้อนถึงข้อบกพร่องด้านคุณภาพที่ส่งผลต่อชื่อเสียง ราคาสินค้าของโรงงานอาหาร ความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยอาหาร ซึ่งสิ่งแปลกปลอมที่แข็งและคม เช่น หิน ชิ้นส่วนโลหะมีคม และกระดูก ล้วนก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่รุนแรงได้ นอกจากนี้ยังส่งผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของผู้บริโภคที่ควรให้ความใส่ใจเป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่บริโภคโดยตรงจากบรรจุภัณฑ์ เช่น เครื่องดื่มพร้อมบริโภค ขนมหวาน และไอศกรีม ทั้งนี้แหล่งของอันตรายทางกายภาพที่พบระหว่างกระบวนการผลิตอาหารอาจมาจากวัตถุดิบ เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตอาหารและความผิดพลาดในโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐานเบื้องต้น ดังนั้น เพื่อป้องกันและลดโอกาสการปนเปื้อนสิ่งแปลกปลอมลงสู่อาหารเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคจึงปฏิบัติได้โดยการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) และการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในการผลิตอาหาร

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และคณะ (2554) ได้ทำการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง โดยการวิเคราะห์อันตรายที่เกิดอาจขึ้นในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุงแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ (ตารางที่ 2.12) อันตรายทางชีวภาพ เช่น *Staphylococcus aureus*, *Escherichai coli* เชื้อราและการปนเปื้อนจากมอด อันตรายทางชีวภาพส่วนใหญ่จะถูกทำลายด้วยการหุงต้ม และสามารถลดจำนวน โดยมาตรการต่าง ๆ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การจัดการสุขลักษณะ เป็นต้น อันตรายทางเคมี เช่น สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง และอันตรายทางกายภาพ เช่น เศษดิน เศษหิน กรวด เครื่องประดับ เส้นผม เป็นต้น ส่วนอันตรายทางกายภาพอาจเกิดจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง และอาจเกิดการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ

ตารางที่ 2.12 อันตรายในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง

อันตรายทางชีวภาพ	อันตรายทางเคมี	อันตรายทางกายภาพ
- <i>Staphylococcus aureus</i>	- สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง	- เศษดิน เศษหิน เศษฟาง
- <i>Escherichia coli</i>		- เศษหญ้า เศษโลหะ
- <i>Bacillus cereus</i>		- เศษพลาสติก เข็ม เศษแก้ว เชือก
		ด้าย เครื่องประดับ เส้นผม
-เชื้อรา		
- <i>Aspergillus spp.</i>		
- <i>Salmonella spp.</i>		
-การปนเปื้อนโดยมอด		

ที่มา: กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ และคณะ (2554)

ธนัส พรหมะจุล (2556) อ้างอิง จาก McSwanne และคณะ (1998) ได้กล่าวว่าตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งที่มาของอันตราย พบว่า อันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากแมลง แหล่งที่มาจากสิ่งแวดล้อมสารหรือวัตถุที่ รับเข้ารับเข้ามาหรือจากผู้ผลิต และสัตว์ฟันแทะ/มูล แหล่งหรือสาเหตุมาจากการควบคุมสัตว์ฟันแทะไม่ เพียงพอและมาจากสารหรือวัตถุที่รับเข้า และฝุ่น เศษหิน แหล่งหรือสาเหตุมาจากวัตถุที่รับเข้า ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี และชิ้นส่วนปะเก็น มาจากการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายของ เครื่องมือไม่เพียงพอ

กานติมา เลี้ยงหล้า (2558) ทำการทดลองแก้ไขปัญหการพบสนิมเหล็กโดยการทำงานของเครื่องตรวจจับโลหะ โดยทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับโลหะโดยเปิดกระป๋องปลาทูน่าขนาด 307 x 113 บีเนื้อปลาทูน่าให้มีขนาด 1 – 2.5 เซนติเมตร ใส่ถาดพลาสติกที่สะอาดขนาด 25 x 30 ตารางเซนติเมตร ถาดละ 500 กรัม เติมเศษสนิมเหล็กขนาด 0.1 – 0.35 เซนติเมตร ลงไปในเนื้อปลาทูน่าแล้วนำผ่านเข้าเครื่องตรวจจับโลหะรหัส 4GMD3031 มีเศษสนิมเหล็กขนาด 0.1 เซนติเมตร ที่เครื่องไม่สามารถตรวจจับได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหการปนเปื้อนสนิมเหล็กโดยใช้เครื่องตรวจจับโลหะเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และการทดลอง

3.1.1 วัตถุประสงค์

มันฝรั่งแหล่งพื้นที่ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ช่วงการส่งผลิตเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2562 – ปี พ.ศ. 2563 ของโรงงานแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

3.1.2 เครื่องมือ

1. เครื่องตรวจจับแม่เหล็ก (Magnet Detector) Flux Density: $\approx 12,000 \pm 500$ gauss (Magnetic Bar, Type: Neodymium Magnet Surface, China)
2. เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) (TSIG1F-175 MD T SERIES SIG1F, Switzerland)
3. เครื่องเอ็กซ์เรย์ (IX-G Series Mettler Toledo, Switzerland)
4. เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ แบบดิจิตอล (Mitutoyo Serial: 500-196-20, USA)
5. เครื่องชั่งดิจิตอลละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Model AB 204-S Greifensee, Mettler Toledo, Switzerland)
6. คีมคีบ (Forceps)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 เก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนการพบปัญหาสิ่งปนเปื้อนจากฝ่ายผลิตจากการพบปัญหาอันตรายทางกายภาพในช่วงการใช้มันฝรั่งแหล่ง อำเภอแม่สอด จังหวัดตากใน ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นแปรรูป

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการร้องเรียนสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพปะปนไปกับมันฝรั่งแหล่ง อำเภอแม่สอดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 - 2563 ตามบันทึกรายงานความปลอดภัยอาหารทางหน่วยงานคุณภาพในระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบปัญหา ด้านคุณภาพมันฝรั่ง เช่น แผ่นมันฝรั่งนิ่มติดกัน และข้อมูลการร้องเรียนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย

เช่น เศษดิน หิน เศษไม้ ขี้มันฝรั่ง และเชือกพลาสติก ที่พบในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางของ DMAIC (Define -Measure-Analyze-Improve-Control) สูตรการคำนวณ

$$DPMO = \frac{\text{(Number of Defects x 1,000,000)}}{\text{((Number of Defects Opportunities/Unit) x Number of Units)}}$$

ซึ่งแนวทางนี้จะทำให้เกิดการกำหนดปัญหาอย่างเป็นระบบ และมีมาตรฐานสามารถวิเคราะห์ สาเหตุและความแปรปรวนของปัญหาเพื่อหาแนวทางปรับปรุงลดจำนวนข้อบกพร่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เกรียงศักดิ์ ชูแสง และคณะ, 2554) จากนั้นนำข้อมูลปัญหาข้อเรียนไปเป็นข้อมูลในการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ต่อไป

3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง

ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบตั้งแต่การรับวัตถุดิบ (Receiving Potato) การคัดตำหนิมันฝรั่งสด (Sorting & Grading) การเก็บมันฝรั่งในห้องเย็น (Storage) การล้างมันฝรั่งก่อนส่งเข้าไลน์ผลิต (Washing & De-stoning) ปอกเปลือกมันฝรั่ง (Peeling) จุดตัดแต่งและตัดแยกตำหนิ (Trimming) ฝานหรือสไลด์มันฝรั่งเป็นแผ่นด้วยเครื่องและล้าง (Slicing & Washing) ก่อนขั้นตอนการทอด ภายหลังการทอดตรวจจับสิ่งเจือปนด้วยเครื่องตรวจจับแม่เหล็ก (Magnet Detector) เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) ตลอดจนขั้นตอนตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในขั้นตอนสุดท้ายด้วยเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ภายหลังการบรรจุ โดยวิเคราะห์ประเภทแหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่ปนเปื้อนมาแต่ละขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ตามแสดงในขั้นตอนและรายละเอียดขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบตารางที่ 2.3 (บทที่ 2) จากนั้นนำตัวอย่างประเภทหิน ขี้มันฝรั่ง และเชือกพลาสติกที่ตรวจพบในทุกขั้นตอนนำมาเป็นตัวอย่างเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป

3.2.3 ศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของจุดคัดแยกอันตรายทางกายภาพและประสิทธิภาพเครื่องเครื่องเอ็กซ์เรย์ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง

โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งเจือปนในมันฝรั่งในระหว่างกระบวนการแปรรูป เพื่อศึกษาประเภทของอันตรายทางกายภาพที่ผ่านจุดคัดแยกและเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ที่สามารถตรวจจับออกได้ ทำการตรวจเช็คความถี่เป็นทุก ๆ 4 ชั่วโมง เพื่อดูชนิด ขนาด และจำนวนสิ่งเจือปน

3.2.3.1 ทำการคัดแยกชนิดสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและระหว่างกระบวนการแปรรูป ภายหลังจากล้างมันฝรั่งก่อนส่งเข้าไลน์ผลิต (Washing & De-stoning) โดยนำตัวอย่างสิ่งแปลกปลอมที่คัดแยกได้จากมันฝรั่งที่ส่งผลิตทุก ๆ 4 ชั่วโมง มาคัดแยกชนิดและขนาด ซึ่งสิ่งเจือปนที่ติดมากับมันฝรั่งตั้งแต่จุดตัดแต่งและคัดแยกตำหนิ (Trimming) โดยผ่านจุดคัดแยกที่สามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอม ได้ระหว่างขั้นตอนการแปรรูปด้วยเครื่องตรวจจับแม่เหล็ก (Magnet Detector) เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) และเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ตามลำดับ สามารถคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกมาได้ ได้แก่ เศษดิน หิน/กรวด เศษเชือก เศษพลาสติก และขั้วมันฝรั่ง เป็นต้น พร้อมทั้งวัดขนาดด้วยเครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนียร์ แบบดิจิตอล โดยแบ่งขนาดเป็นข้อมูล 3 ช่วงคือขนาดน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร (มม.) ขนาด 2-5 มิลลิเมตร (มม.) และขนาด 6-10 มิลลิเมตร (มม.) ตามลำดับ

3.2.3.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือน พฤษภาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 - 2563 เพื่อประเมินประสิทธิภาพจุดคัดแยกอันตรายทางกายภาพและประสิทธิภาพเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในขั้นตอนสุดท้ายของการแปรรูปผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง และทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มบันทึกสิ่งเจือปนมันฝรั่งบรรจุถุงจากการคัดแยกอันตรายทางกายภาพในแต่ละจุดคัดแยกและเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอม โดยสิ่งเจือปนที่ทำการคัดแยกจะนำไปเป็นตัวอย่างการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในขั้นตอนสุดท้ายต่อไป

3.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพของการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในการคัดแยกสิ่งเจือปนภายหลังขั้นตอนการบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ทำการทดลองผ่านเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ โดยการใช้สิ่งเจือปนผสมปนไปกับแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบบรรจุถุงพร้อมจำหน่าย ขนาดถุงผลิตภัณฑ์ 18 กรัม ถุงละ 1 ซีน และสิ่งเจือปนรวมทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ เศษดิน หิน/กรวด และเศษพลาสติก ที่ขนาด 0.5 – 5 มิลลิเมตร (มม.) โดยขนาดของสิ่งเจือปนมาจากการเก็บรวบรวมข้อมูล สิ่งเจือปนในระหว่างกระบวนการผลิต (พิจารณาจากข้อมูลที่ผ่านมาในข้อ 3.2.3) สิ่งเจือปนที่ใช้เป็นตัวทดสอบนั้นโดยดูจากปัญหาข้อร้องเรียนทางด้านความปลอดภัยของหน่วยงานควบคุมคุณภาพที่พบมากที่สุด และจากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ เนื่องจาก เศษดิน อาจปนเปื้อนสารปรอท เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยการรับประทานเข้าไป มักเกิดจากอุบัติเหตุปะปนกับอาหารและเครื่องดื่มเข้าสู่ร่างกายทางปาก หิน/กรวด อาจทำให้ฟันแตกหรือ หักได้ (National Seafood, 1997) และเศษเชือก โดยสิ่งเจือปนดังกล่าวเป็นปัญหาอันตรายทางกายภาพ ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาการร้องเรียนจากผลิตภัณฑ์ที่จะเกิดขึ้นจากผู้บริโภค และเพื่อลดปัญหาจากการพบสิ่งแปลกปลอมในระหว่างกระบวนการแปรรูปให้เหลือน้อยที่สุด จากนั้นนำสิ่งเจือปนผสมปนไปกับแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบบรรจุถุงดี ขนาดถุงผลิตภัณฑ์ 18 กรัม ถุงละ 1 ซีน และสิ่งเจือปนรวมทั้งหมด 3 ชนิด รวมเป็น 30 ซีน ที่ขนาด 0.5 – 5 มิลลิเมตร (มม.) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ จากโปรแกรมที่โรงงานตั้งค่า การประมวลผลภาพในการตรวจจับการประมวลผลในแต่ละระดับของเครื่องเอ็กซ์เรย์ แบ่งออกเป็นระดับ 1 ถึงระดับ 5 โดยในแต่ละระดับมีการตรวจจับขนาดสิ่งแปลกปลอมไม่เท่ากัน สำหรับระดับ 1 ถึงระดับ 4 นั้นสามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมตามขนาดที่ตั้งค่าไว้ แต่ในระดับที่ 5 นั้นสำหรับต้องการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมแบบพิเศษที่ต้องการกับเฉพาะสิ่งนั้นรายละเอียดของแต่ละระดับจะแสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ระดับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมของเครื่องเอ็กซ์เรย์

ระดับ	สี	การตรวจจับ	ขนาดสิ่งแปลกปลอม
1	แดง	ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็ก	น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร
2	น้ำเงิน	ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดกลาง	1-4 มิลลิเมตร
3	เขียว	จะเปรียบเทียบของจุดสีเทามีความแตกต่างจากค่าเดิม	สิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่ 3-10 มิลลิเมตร
4	เหลือง	ตรวจจับภาพโดยประมวลผลจากสัญญาณดิจิทัล	ขึ้นอยู่กับการมองขนาดว่าสิ่งใดที่เป็นจุดดำ เครื่องจะทำการตรวจจับ
5	ม่วง		ไม่ได้ใช้งานในโหมดปกติจะใช้เมื่อต้องการจับสิ่งแปลกปลอมเฉพาะเจาะจง

3.2.4.1 เก็บบันทึกข้อมูลสิ่งเจือปนจำนวนขึ้นในแต่ละครั้งที่ตรวจพบ จากโปรแกรมที่เครื่องคัดแยกสิ่งแปลกปลอมคัดแยกออกมา

3.2.4.2 นำข้อมูลสิ่งเจือปนมาประเมินค่าความแม่นยำ (accuracy) และความเที่ยงตรง (precision) ของสิ่งเจือปนแต่ละชนิดที่เครื่องคัดแยกออกมา จากวิธีการคำนวณหาค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่อง โดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (นวกัทยา หนุ่ขนาด และทวิพล ซื่อสัตย์, 2555) ทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตัวอย่างสิ่งปะปนทางกายภาพในผลิตภัณฑ์ โดย

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด

$$\text{Absolute error} = |X_{\text{mea}} - X_t| \quad (1.1)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

2. ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\text{Relative error} = \frac{|X_{\text{mea}} - X_t|}{X_t} \quad (1.2)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (1.3)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง (% Accuracy) (1.4)

$$\% \text{ Accuracy} = 100 - \% \text{ Error}$$

$$= 100 - 0$$

$$= 100 \%$$

4. ค่าความเที่ยงตรง (Precision) (1.5)

$$\text{Precision} = \frac{|x_i - x_m|}{x_m}$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n x_i$$

โดย

x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง

$\sum_{x=1}^n x_i$ คือ ผลรวมของค่าการวัดทั้งหมด

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

$$\text{Precision (\%)} = x_m \times 100$$

3.2.5 การเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบภายในปี พ.ศ. 2563 - พ.ศ. 2564

ดำเนินการรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า โดยข้อมูลมาจากหน่วยควบคุม คุณภาพ ภายในปี พ.ศ. 2562 โดยติดตามข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือน ตามการผลิตมันฝรั่งที่ใช้ในเดือนกันยายน พ.ศ.2563 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 เพื่อยืนยันข้อมูลที่ไม่พบการร้องเรียนผลิตภัณฑ์ทางด้าน ปัญหาการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบของ โรงงานแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากฝ่ายผลิตจากการพบปัญหาอันตรายทางกายภาพในช่วงการใช้มันฝรั่งแหล่ง อำเภอมะสออด จังหวัดตากใน ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นแปรรูป

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการร้องเรียนสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพปะปนไปกับมันฝรั่งแหล่ง อำเภอมะสออดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ตามบันทึกรายงานความปลอดภัยอาหารทางหน่วยงานคุณภาพในระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสิ่งปนเปื้อนทางด้านกายภาพที่ปะปนไปกับมันฝรั่งที่พบในจุดคัดแยกสิ่งแปลกปลอมของฝ่ายผลิต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตามจุดที่พบปัญหาแสดงในตาราง ดังนี้

เดือน	จำนวนมันฝรั่ง แหล่งแม่สออด (กิโลกรัม)	หิน/กรวด	ดินเหนียว	พลาสติก	แท่ง	เครื่อง	เครื่อง	รวม จำนวน (ชิ้น)
		(Stone /Rock)	(Soil/Mud)	(Plastic Rope)	แม่เหล็ก	ตรวจจับ	เอ็กซ์เรย์	
		จุดตัดแต่ง	จุดตัดแต่ง	จุดตัดแต่ง	(Magnet Bar)	โลหะ	(X- Ray)	
		(Trimming)	(Trimming)	(Trimming)		(Metal Detector)		
กุมภาพันธ์	995,761	3	7	1	2	4	84	101
มีนาคม	325,154	17	10	4	8	23	765	227
เมษายน	4,073,477	5	13	3	6	12	207	246
พฤษภาคม	1,044,331	2	10	1	4	5	84	106
มิถุนายน	2,311,429	3	15	5	3	22	96	144
กรกฎาคม	2,144,638	5	12	1	8	11	50	87
สิงหาคม	552,315	7	10	2	9	12	75	115
จำนวนมัน ฝรั่งส่งผลิต								
ปี 2562- 2563	11,447,105							
รวมจำนวนสิ่งปนเปื้อน (ชิ้น)		42	77	17	40	89	761	1,026
DPMO		3.7	6.7	1.5	3.5	7.8	66.5	89.6
Sigma Level		4.6	4.5	4.8	4.6	4.5	4.0	3.9


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการร้องเรียนสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพปะปนไปกับมันฝรั่งแหล่งแม่สอดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2563 ตามบันทึกรายงานความปลอดภัยอาหารของหน่วยงานคุณภาพตามจุดคัดแยกสิ่งแปลกปลอมในระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จากการเก็บข้อมูลจุดคัดแยกตำหนิหรือตัดแต่งมันฝรั่ง พบปัญหาสิ่งแปลกปลอมประเภท หิน หินกรวด ดินเหนียว และพลาสติกเชือกฟาง โดยพบหิน หินกรวด จำนวน 42 ชิ้น พบดิน จำนวน 77 ชิ้น และพบพลาสติกจากเชือกฟาง จำนวน 17 ชิ้น ถัดมาในขั้นตอนการคัดแยกโดยเครื่องจักรภายหลังการตัดแต่งพบปัญหาสิ่งแปลกปลอมปะปน พบปัญหาประเภทเศษหิน ในจุดคลุกผงปรุงรสโดยการตรวจจับของแท่งแม่เหล็ก (Magnet Bar) พบจำนวน 40 ครั้ง ในขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยเครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) ก่อนบรรจุแผ่นมันฝรั่งลงถุง พบปัญหาเศษหินลักษณะฝังภายในแผ่นมันฝรั่ง จำนวน 89 ครั้ง มี และในขั้นตอนสุดท้ายของการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ภายหลังการบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบลงถุงเพื่อบรรจุกล่องจำหน่าย พบปัญหาเศษหินลักษณะฝังภายในแผ่นมันฝรั่ง จำนวน 761 ครั้ง ผลรวมการตรวจสอบพบปัญหาสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพที่ปะปนมากับมันฝรั่งในทุกจุดตัดแยกตลอดขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบในช่วงระยะเวลาดังกล่าว พบปัญหา จำนวน 1,026 ครั้ง จากผลการรวบรวมปัญหาที่พบ เรื่องอันตรายกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น พบว่าอันตรายกายภาพ เศษหินอาจทำให้ฟันบิ่นหรือหักได้ จากการร้องเรียนในตารางที่ 4.1 และจากการนำวิธีการของ DMAIC มาประยุกต์ใช้เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่อง (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2554) โดยแสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ง ในช่วง 2 ปี พ.ศ. 2562 - 2563 ที่เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากขั้นตอนการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพตลอดขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยมันฝรั่งแหล่งอำเภอแม่สอดในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 – 2563 จำนวนมันฝรั่งสดจากแหล่งพื้นที่อำเภอ แม่สอดที่ส่งผลิต 11,447,105 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าค่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) จำนวนครั้งข้อร้องเรียนต่อ 1 ล้านครั้งสินค้าที่มีการใช้มันฝรั่งแหล่งแม่สอดไปเท่ากับ 89.6 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 3.9 ซึ่งทำให้ทราบถึงระดับของปัญหาข้อร้องเรียนฝ่ายผลิตและต้องการควบคุมอันตรายทางกายภาพให้ไม่พบปัญหาหรือพบปัญหาน้อยที่สุด โดยมุ่งเน้นความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นอันตรายที่เกิดขึ้นนี้จึงเป็นที่มาในการประเมินการปนเปื้อนในระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ดังจะกล่าวถึงในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบโดยจะทำการประเมินแหล่งที่มาของอันตรายที่พบได้ในแต่ละขั้นตอน ประเภทจากสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพที่พบแยกประเภทตามแหล่งที่มาออกเป็น 3 คือ ประเภท ก คือ สิ่งปลอมปนที่มากับวัตถุดิบ ในขั้นตอนการรับมันฝรั่งจากพื้นที่การปลูกจูดริบหรือเกษตรกร เช่น ดินเหนียว หิน กรวด เศษไม้ ยาง เศษแก้ว และวัชพืช ประเภท ข คือ สิ่งเจือปนที่มากับขั้นตอนการผลิตเครื่องมือ เครื่องจักร หรือพื้นผิวสัมผัส เช่น สลัก เกลียว ตะแกรงและใยโลหะต่าง ๆ และประเภท ค คือ สิ่งเจือปนที่เกิดจากความผิดพลาดของโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐาน เช่น เส้นผม เศษไม้จากถังเก็บมันฝรั่ง พาเลตขนมันฝรั่ง และแมลง

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ


ขั้นตอนการแปรรูปแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบ	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 <p style="text-align: center;">รับมันฝรั่ง</p>	<p>สุ่มตัวอย่างมันฝรั่ง ตรวจสอบมันฝรั่งสด โดยมีเกณฑ์การยอมรับ ตามมาตรฐานมันฝรั่ง (Potato Receiving Procedures Manual) และมีการตรวจสอบรถขนส่ง ตรวจสอบสัตว์พาหะภายในรถขนส่งจะต้องไม่มีสัตว์พาหะอาศัยอยู่ รวมไปถึงสิ่งปลอมปนทั้งบริเวณภายในและภายนอกรถขนส่งจะต้องไม่มีสิ่งปลอมปน (ในกรณีพบสิ่งปลอมปน ให้ทำการคัดแยกออกใส่ถุงพลาสติก และเขียนรายละเอียด เช่น Lot No. วันที่พบ และจำนวนขึ้น)</p>	<p>พบแหล่งที่มาประเภท (ก)</p>

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (ต่อ)

ขั้นตอนการแปรรูปแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบ	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 <p data-bbox="383 793 675 835">ปาดกระสอบบรรจุมันฝรั่ง</p> 	<p data-bbox="784 457 1304 1083">มันฝรั่งที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับตกลงในถังรับเพื่อลำเลียงขึ้นสายพานไปยังจุดคัดมันฝรั่งเพื่อคัดแยกตำหนิมันฝรั่งและสิ่งแปลกปลอมก่อนเข้าจัดเก็บหรือส่งผลิต โดยที่พนักงานลงมันฝรั่งและพนักงานคัดมัน ต้องตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมขณะทำการคัดคุณภาพทุกครั้งเพื่อป้องกันการติดปนเข้าสู่ไลน์การผลิต ซึ่งชนิดของสิ่งปลอมปนแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น เศษแก้ว, ประเภทโลหะ หรือโลหะแหลมคม, เศษพลาสติกแข็ง เช่น จากภาชนะ</p>	<p data-bbox="1320 457 1515 667">พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)</p>
   <p data-bbox="302 1738 756 1780">คัดแยกตำหนิมันฝรั่งและสิ่งแปลกปลอม</p>	<p data-bbox="784 1104 1304 1262">บรรจุ เศษพลาสติกอ่อน เช่น เศษถุงมือ ถุงบรรจุต่าง ๆ ก้อนหิน ก้อนกรวด กิ่งไม้ เชือกฟาง เชือกด้าย เส้นใย ผ้า ต่าง ๆ</p>	<p data-bbox="1320 1104 1515 1314">พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)</p>




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (ต่อ)

ขั้นตอนการแปรรูปแผ่นมันฝรั่งทอดกรอบ	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
<p>จัดเก็บมันฝรั่งในห้องเย็น</p>	<p>มันฝรั่งที่ผ่านการตรวจตามเกณฑ์ที่กำหนด นำเก็บเข้าห้องเย็น โดยการบรรจุลงไม้ (Bulk) หรือเรียงกระสอบ (Small Bag) เรียงจัดเก็บภายในชาตะแครงขนาดใหญ่ รอส่งผลิต</p>	<p>พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)</p>
<p>ขั้นตอนการล้างมันฝรั่ง</p> 	<p>ผ่านเครื่องล้างมันฝรั่งที่ตัดแยกตำหนิ ในจุดล้างมันฝรั่งจะมีการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ และสามารถตัดแยกเศษสิ่งปลอมปนได้ออกเป็น 3 ส่วนตามความสามารถของเครื่องจักร ซึ่งอาศัยหลักการพาของกระแสและแรงโน้มถ่วงของสิ่งปลอมปนเพื่อกำจัดออกก่อนส่งให้กับกระบวนการผลิต</p> <p>ส่วนที่ 1 เป็นลักษณะปล่องทิ้งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ โดยจะจมลงและเลื่อนผ่านสายพานลำเลียงทิ้งลงสู่ส่วนที่ 1 เช่น หิน ต่าง ๆ</p> <p>ส่วนที่ 2 เป็นปล่องทิ้งเศษที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ ลอยปนกับน้ำเช่น เศษดิน โคลน</p> <p>ส่วนที่ 3 เป็นลักษณะปล่องทิ้งเศษประเภทที่ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำโดยจะลอยออกมากับน้ำ เช่น เชือก ฟาง เส้นด้าย และกระดาษ</p>	<p>พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (ต่อ)

ขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งทอดกรอบ	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
ล้างและปอกเปลือกมันฝรั่ง 	ปอกเปลือกและล้างมันฝรั่ง	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)
ตัดแต่งและคัดตำหนิมันฝรั่ง  	คัดแยกส่วนที่เป็นตำหนิและสิ่งปลอมปนภายหลังการปอกเปลือก เป็นขั้นตอนการตัดแต่งเพื่อคัดแยกมันฝรั่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่อาจทำให้เกิดตำหนิกับแผ่นมันฝรั่งของการผลิตทำให้ไม่สามารถส่งผลิตได้ เช่น มันฝรั่งเน่า มันฝรั่งขี้ มันฝรั่งเขียว ขนาดใหญ่และขนาดเล็กกว่าข้อกำหนด รวมไปถึงคัดแยกสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพที่อาจปะปนมากับมันฝรั่ง	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)
ล้าง 	ผ่านเครื่องล้างมันฝรั่ง เพื่อล้างแป้งออกจากหัวมันฝรั่งภายหลังการปอกเปลือก	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)
ทอดแผ่นมันฝรั่ง 	ผ่านเครื่องทอดแผ่นมันฝรั่ง โดยผ่านความร้อน อุณหภูมิ 174 -177 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2- 5 นาที	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายทางกายภาพจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (ต่อ)

ขั้นตอนการแปรรูปมันฝรั่งทอดกรอบ	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
<p>ตัดแยกตำหนิแผ่นมันฝรั่ง</p> 	<p>โดยเครื่องตัดแยกตำหนิอัตโนมัติ</p>	<p>ไม่มีการเพิ่มขึ้นของอันตรายทางกายภาพจากระบวนการผลิต</p>
 <p>เคลือบผงปรุงรสแผ่นมันฝรั่ง</p> 	<p>ผ่านเครื่องผสมปรุงรสแผ่นมันฝรั่ง โดยมีระบบตรวจจับอันตรายทางกายภาพ ประเภทเหล็ก คือ แท่งแม่เหล็ก (Magnet Bar) เพื่อตรวจจับเศษเหล็ก และเศษโลหะที่ปลอมปนอยู่ในแผ่นมันหรือผงปรุงรส</p>	<p>พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)</p>
<p>ขั้นตอนบรรจุ</p>   <p>ตัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยขั้นตอนเครื่องเอ็กซ์เรย์</p>	<p>ผ่านเครื่องบรรจุแผ่นมันฝรั่งลงถุงตามขนาด โดยมีระบบตรวจจับเพื่อตัดแยกอันตรายโดยเครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector) และบรรจุลงโดยมีระบบตรวจจับเพื่อตัดแยกอันตรายทางกายภาพโดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ก่อนจำหน่าย ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการขนส่งเพื่อจำหน่ายที่สิ่งเจือปนเหลือรอดไปถึงผู้บริโภค</p>	<p>พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแผนภูมิการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและตารางแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน (ตารางที่ 4.2) สามารถประเมินได้ว่าแหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นก่อนผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยพบว่าจุดที่ทำให้ปนเปื้อนอาจมาได้จากทั้งวัตถุดิบ โดยสรุปได้จากแหล่งอันตรายที่พบในระหว่างขั้นตอนการผลิต (ตารางที่ 4.3) สามารถหลุดรอดมาจากขั้นตอนการคัดแยก การล้างทำความสะอาด สะอาดมันฝรั่ง ซึ่งเศษหินที่มีขนาดเล็กสามารถหลุดลอดมาได้กับร่องผิวมันฝรั่ง ดิน โคลนที่ฝังลงในผิวมันฝรั่ง จากข้อมูลการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนต่าง ๆ (ธรรณัฐ พรหมะจุล, 2556) อ้างอิงจาก McSwanne และคณะ (1998) ได้กล่าวตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งที่มาของอันตราย พบว่า อันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากแมลง แหล่งที่มาอาจมาจากสิ่งแวดล้อมหรือวัตถุดิบที่รับเข้ามาหรือจากผู้ผลิต และสัตว์ฟันแทะ/มูล แหล่งหรือสาเหตุมาจากการควบคุมสัตว์ฟันแทะไม่เพียงพอและมาจากสารหรือวัตถุดิบที่รับเข้า และฝุ่น เศษหิน แหล่งหรือสาเหตุมาจากวัตถุดิบหรือผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี และชิ้นส่วนปะเก็น มาจากการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องมือไม่เพียงพอ เป็นต้น จากนั้นในระหว่างกระบวนการผลิตจึงควรมีการเฝ้าระวังและป้องกันตั้งแต่การรับวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มต้น ตามมาตรฐานการตรวจรับวัตถุดิบของโรงงาน โดยดูสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับมันฝรั่ง เช่น หิน ดิน เศษฟาง เศษกิ่งไม้ การควบคุมสัตว์พาหะในระหว่างการจัดเก็บมันฝรั่งไม่ให้มีช่องเปิดให้สัตว์พาหะเข้ามาในห้องเย็นได้ การตรวจสอบสภาพสายพานคัดมันฝรั่งทำความสะอาดก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง การตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์การคลุกผสมชาติก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง และการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องเอ็กซ์เรย์ก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องเอ็กซ์เรย์ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยลดอันตรายของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด จะเป็นจุดสำคัญของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้ การศึกษาจึงได้ทำการศึกษาทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องเอ็กซ์เรย์ มุ่งเน้นอันตรายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ขั้นตอนการทวนสอบดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องเอ็กซ์เรย์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยทางกายภาพที่เป็นปัญหาของผลิตภัณฑ์ให้ลดน้อยและยังคงไม่พบการร้องเรียนของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในลำดับต่อไป

ตารางที่ 4.3 แหล่งอันตรายที่พบระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่ง

ขั้นตอนการผลิตมันฝรั่ง	ประเภทแหล่งอันตรายที่พบ		
	ก	ข	ค
ตรวจรับมันฝรั่ง	1	-	-
คัดแยกสิ่งปนเปื้อน	1	1	1
ล้างทำความสะอาด	1	1	-
ปอกเปลือกมันฝรั่ง	1	1	-
ตัดแต่งแยกขนาด	1	1	1
ล้างทำความสะอาดขึ้นมันฝรั่งสด	1	1	-
ทอด	1	1	-
คัดเลือกขึ้นมันฝรั่งที่ไม่สมบูรณ์ออก	-	-	-
ปรุงแต่งรสชาติ	1	1	1
บรรจุลงหีบห่อ	1	1	1



ภาพที่ 4.1 แหล่งที่มาของสิ่งปลอมปนทางกายภาพ ประเภท ก ข และ ค ในระหว่างกระบวนการผลิตมันฝรั่ง แผ่นทอดกรอบ

หมายเหตุ : ประเภทแหล่งที่มาของอันตราย (ก) คือ สิ่งเจือปนที่ติดมากับวัตถุดิบ ในขั้นตอนการรับมันฝรั่งจากพื้นที่การปลูกจูดัรบซื้อหรือเกษตรกร เช่น ดินเหนียว หิน กรวด เศษไม้ ยาง เศษแก้ว และวัชพืช (ข) คือ

สิ่งเจือปนที่มากับขั้นตอนการผลิตเครื่องมือ เครื่องจักร หรือพื้นผิวสัมผัส เช่น สลัก เกลียว ตะแกรงและใยโลหะต่าง ๆ (ค) คือ สิ่งเจือปนที่เกิดจากความผิดพลาดของโปรแกรมสุक्षลักษณะพื้นฐาน เช่น เส้นผม เศษไม้จากถังเก็บมันฝรั่งและพาเลตขนมันฝรั่ง แมลง และมด

4.3 ผลการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของจุดคัดแยกอันตรายทางกายภาพที่และประสิทธิภาพเครื่องเอ็กซ์เรย์ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง


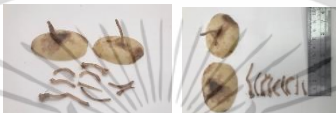

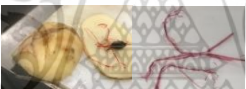




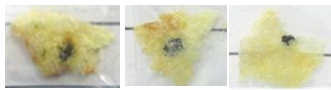
โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งเจือปนในมันฝรั่งในระหว่างการแปรรูปเพื่อศึกษาประเภทของอันตรายทางกายภาพที่ผ่านจุดคัดแยกและเครื่องเอ็กซ์เรย์ที่สามารถตรวจจับได้ โดยตรวจเช็คความถี่ทุก 1 ชั่วโมงเพื่อดูชนิดและจำนวนสิ่งเจือปนและนำมาแยกประเภทได้ตามตารางที่ 4.3 พบว่าข้อมูลจากตาราง 4.4 ชนิดของสิ่งเจือที่เครื่องเอ็กซ์เรย์ สามารถคัดแยกออกมาได้ จากที่ทำการตรวจสอบแผ่นมันฝรั่งบรรจุถุง Reject ที่ผ่านการคัดแยกทางด้านคุณภาพพบปัญหาแผ่นมันฝรั่งนึ่ง ขนาด 6 -10 มิลลิเมตร (มม.) และสิ่งเจือปนที่ปนมากับแผ่นมันฝรั่ง ที่ผ่านการเครื่องเอ็กซ์เรย์ตรวจสอบจากถุงที่ Reject แล้วพบอันตรายทางกายภาพ ได้แก่ เศษหิน / กรวด ผึ่งในแผ่นมันฝรั่ง ขนาด 1-5 มิลลิเมตร (มม.) 116 ชิ้น ขนาด 6 -10 มิลลิเมตร จำนวน 42 ชิ้น และขนาด 6 -10 มิลลิเมตร (มม.) 21 ชิ้นตามลำดับ มาจากการเก็บข้อมูลของสิ่งเจือปนโดยการวัดด้วยเครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนีย แบบดิจิตอล Mitutoyo ในการพิจารณาขนาดของสิ่งเจือปนในระหว่างกระบวนการผลิตและจากมาตรฐานของเครื่อง เอ็กซ์เรย์ที่คัดแยกสิ่งเจือปนออกมาได้ตามรายละเอียดด้านเทคนิคของเครื่องเอ็กซ์เรย์ โดยระดับ 1 ค่าการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็ก น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร (มม.) ระดับ 2 ค่าการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดกลาง 1-4 มิลลิเมตร (มม.) และระดับ 3 ค่าการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่ 3 -10 มิลลิเมตร (มม.) ไปจนถึงขึ้นอยู่กับการมองขนาดว่าสิ่งใดที่เป็นจุดดำเครื่องจะทำการตรวจจับได้ตามลำดับ อ้างอิงข้อมูลจาก บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558) (บทที่ 3 ตารางที่ 3.1) ซึ่งความสามารถของเครื่องสามารถคัดแยกตรวจสอบสิ่งเจือปนได้ที่ขนาดเล็กมากที่สุดที่ 2 มิลลิเมตร (มม.) ซึ่งความสามารถของเครื่องสามารถคัดสิ่งเจือปนได้ที่ขนาดเล็กกว่าที่เราเก็บข้อมูลเบื้องต้น อธิบายตารางที่ 4.4 โดยอ้างอิงขนาดจากการเก็บข้อมูล ตารางที่ 4.4 พบว่าสิ่งปลอมปนขนาดเล็กที่สุดที่เครื่องเอ็กซ์เรย์ออกมาได้คือ ขนาด 1-5 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของสิ่งเจือปนขนาดเล็กอาจส่งผลมากกับอันตรายต่อผู้บริโภคน้อยกว่าขนาดใหญ่ เช่น เศษหินขนาดใหญ่ อาจทำให้ฟันแตก หัก หรือบิ่นได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคมากกว่า โดยที่อันตรายด้านกายภาพจากสิ่งที่ยับดังกล่าวถ้าเหลือรอดไปจนถึงเปิดถุงเพื่อบริโภคจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรง เช่น ถ้ามีการเหลือรอดของ เศษหิน เศษกรวดในแผ่นมันฝรั่งจะมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บ ฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีน หรือหักได้ตั้งรายงานของ (นนุช เมธิยนต์พิริยะ, 2557) ซึ่งได้กล่าวถึงอันตรายทางกายภาพ หมายถึง สิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนลงในอาหารอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บแก่ผู้บริโภค โดยอาจมาจากวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ เช่น เศษหิน เศษไม้ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษพลาสติก อันตรายเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพในระดับต่างกันอาจทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยหรืออาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต รวมถึงผลกระทบต่อผู้ประกอบการในเรื่องชื่อเสียงของสินค้าและเรียกคืนสินค้าทำให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจอีกด้วย การตรวจพบในแผ่นมันฝรั่งที่ผ่านเครื่องเอ็กซ์เรย์ดังกล่าว เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับการผลิตมันฝรั่งแผ่นแปรรูปในธุรกิจผู้ประกอบการแปรรูปมันฝรั่งในประเทศ

จากข้อมูลประเมินเพื่อหาขนาดและจำนวนที่ทำการศึกษามาจากตารางที่ 4.4 จะพบว่า ในขั้นตอนตัดแต่งเพื่อคัดแยกทำหิมันฝรั่งและสิ่งแปลกปลอมก่อนเข้าสู่ขั้นตอนคัดแยกด้วยเครื่องมือ สามารถพบสิ่งปะปนในขั้นตอนนี้ 3 ประเภทหลัก ได้แก่ ประเภทหิน ช่วงขนาด 6-10 มิลลิเมตร ประเภทดิน พบได้ตั้งแต่ขนาด 2 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร จำนวนที่พบสิ่งเจือปนประเภทดินพบมากที่สุดเมื่อเทียบกับสิ่งปลอมปนทั้ง 2 ประเภทในจุดคัดแยกเดียวกัน และประเภทเชื้อพลาสติก พบว่า พบได้ตั้งแต่ขนาด ต่ำกว่า 2 มิลลิเมตรไปจนถึงมากกว่า 10 มิลลิเมตร จากนั้นในขั้นตอนคัดแยกสิ่งเจือปนโดยเครื่อง ตั้งแต่ขั้นตอนการสไลด์มันฝรั่งภายหลังการตัดแต่งแล้วนั้นพบว่า ไม่พบข้อมูลบันทึกว่าพบสิ่งเจือปนในขั้นตอนนี้ แต่ในขั้นตอนตั้งแต่จุดคัดแยกสิ่งปนเปื้อนโดยแม่เหล็กในขั้นตอนการคลุกรสชาติ ตรวจพบสิ่งเจือปนขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ไปจนถึง 5 มิลลิเมตร โดยพบว่าเป็นสิ่งเจือปนประเภทหิน ถัดมาในขั้นตอนของจุดคัดแยกโดยเครื่องตรวจจับโลหะ ในขั้นตอนบรรจุผลิตภัณฑ์ ตรวจพบสิ่งเจือปนประเภทหิน ขนาดตั้งแต่ 6 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร จำนวน 120 ชิ้น และในขั้นตอนคัดแยกสุดท้ายโดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ในขั้นตอนก่อนบรรจุหีบห่อ ตรวจพบสิ่งเจือปนประเภทหินได้ทุกช่วงขนาด ตั้งแต่ขนาดต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร ผังติดกับแผ่นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จำนวนที่พบมากที่สุดตลอดขั้นตอนการคัดแยกสิ่งเจือปนตลอดกระบวนการผลิต ดังสรุปได้ในตารางที่ 4.5 และตามการแยกขนาดและจำนวนสิ่งเจือปนที่พบของแต่ละประเภทอันตรายในภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลขนาดและชนิดของสิ่งเจือปนที่ตรวจพบซึ่งถึงคุณภาพและอันตรายทางกายภาพในช่วงการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

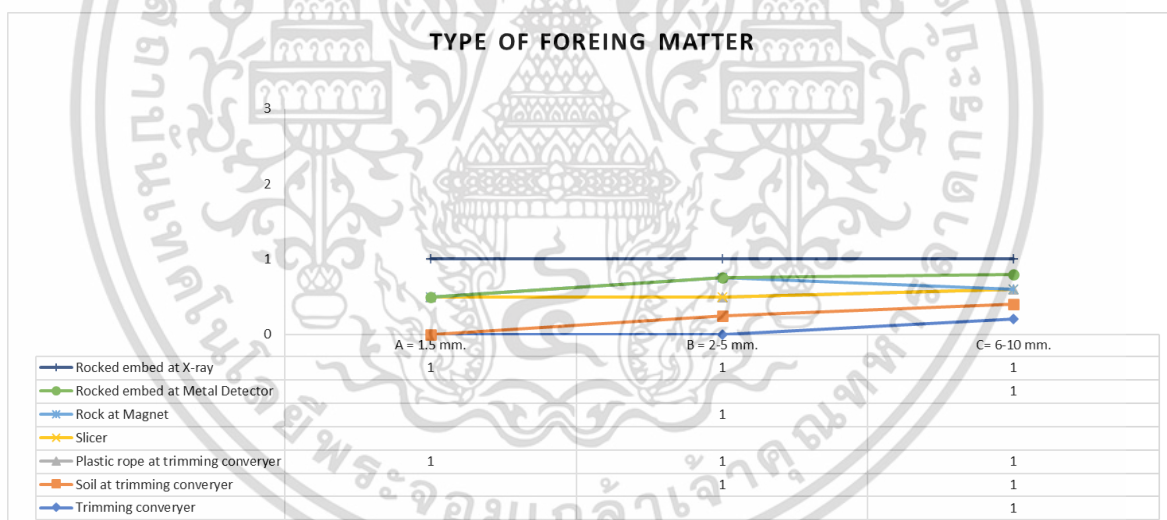
จุดคัดแยก	ด้านคุณภาพ (Quality)	อันตรายทางกายภาพ (Physical hazard)	ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน (ชิ้น)	
(Rock-Stone at Trimming conveyer)		 	หิน ข้าวมันฝรั่ง	C B, C	10 3
(Soil & Mud at trimming conveyer)			ดิน, โคลน	A, B, C	87
(Plastic rope at trimming conveyer)			เศษเชือกฟาง	C	2
(Slicer)				ไม่พบอันตราย	
(Rock at Magnet)			หินฝังในแผ่นมันฝรั่ง	B	15
(Rocked embed at Metal Detector)			หินฝังในแผ่นมันฝรั่ง	B, C	120
(Rocked embed at X-ray)			หินฝังในแผ่นมันฝรั่ง	A	116
	แผ่นมันฝรั่งนุ่ม (Crisps Soft Center)		หินฝังในแผ่นมันฝรั่ง	B	42
			หินฝังในแผ่นมันฝรั่ง	C	21

หมายเหตุ : A คือ ขนาด 1.5 มิลลิเมตร, B คือ ขนาด 2-5 มิลลิเมตร, C คือ ขนาด 6-10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

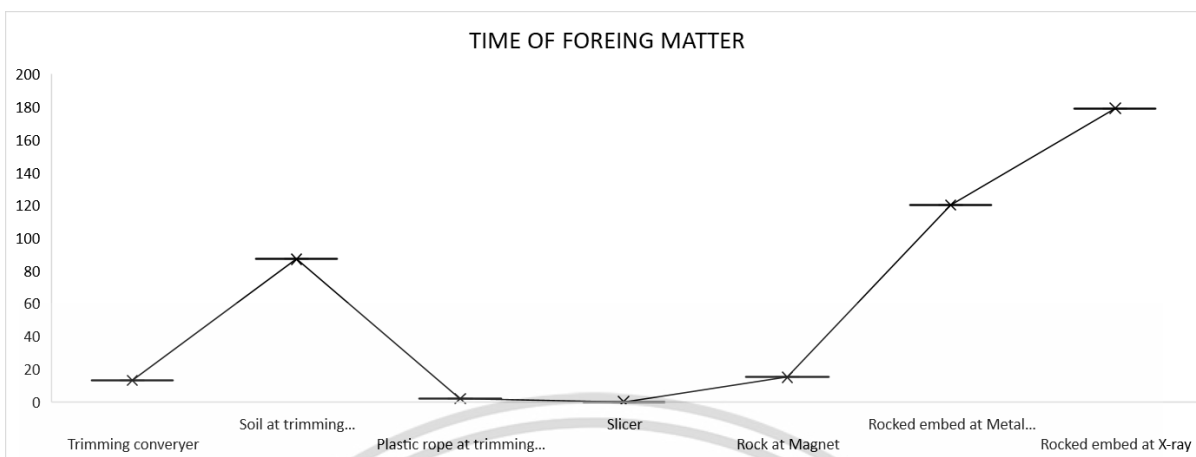
ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดและจำนวนสิ่งเจือปนที่ตรวจพบซึ่งถึงอันตรายทางกายภาพในช่วงการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอด

Station	A = 1.5 มิลลิเมตร	B = 2 – 5 มิลลิเมตร	C = 6 – 10 มิลลิเมตร	จำนวนชิ้นที่พบ
Rock & Stone Trimming conveyer	-	-	1	13
Soil & Mud at trimming conveyer	-	1	1	87
Plastic rope at trimming conveyer	1	1	1	2
Slicer	-	-	-	0
Rock at Magnet	-	1	-	15
Rocked embed at Metal Detector	-	-	1	120
Rocked embed at X-ray	1	1	1	179



ภาพที่ 4.2 ขนาดสิ่งเจือปนที่ตรวจพบในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 จำนวนสิ่งเจือปนที่ตรวจพบในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563

นำตัวอย่างสิ่งเจือปนที่ตรวจพบไปใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ ความถูกต้องแม่นยำของเครื่อง ในการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เพื่อเพิ่มคุณภาพและลดอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ เพื่อสร้างความมั่นใจคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบของโรงงานต่อไป

4.4 ผลดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องเอ็กซ์เรย์ในการคัดแยกสิ่งเจือปนภายหลังขั้นตอนการบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

จากการทดลองตัวอย่างสิ่งเจือปน ได้แก่ เศษดิน หิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่ง โดยเลือกตัวอย่างสิ่งเจือปนจากปัญหาข้อร้องเรียนจากฝ่ายผลิตที่พบมากที่สุดทางด้านกายภาพและจากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องเอ็กซ์เรย์ โดยดูจากอันตรายทางกายภาพที่พบมากที่สุดที่คัดแยกออกมา จากนั้นใช้สิ่งเจือปนผสมกับมันฝรั่งดิบบรรจุของ ขนาด 18 กรัม ตัวอย่างละ 5 ชิ้น และใส่สิ่งเจือปนหิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่ง รวมทั้ง 3 ชนิด รวมเป็น 15 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้งจำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ ดังนี้

ตารางที่ 4.6 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษดิน จำนวน 5 ชั้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชั้น) X_t	Absolute Error (ชั้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษดิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษดิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษดิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00

หมายเหตุ Absolute Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์, Relative error คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, Accuracy (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ, Precision (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน จำนวน 5 ซีน ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง
จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

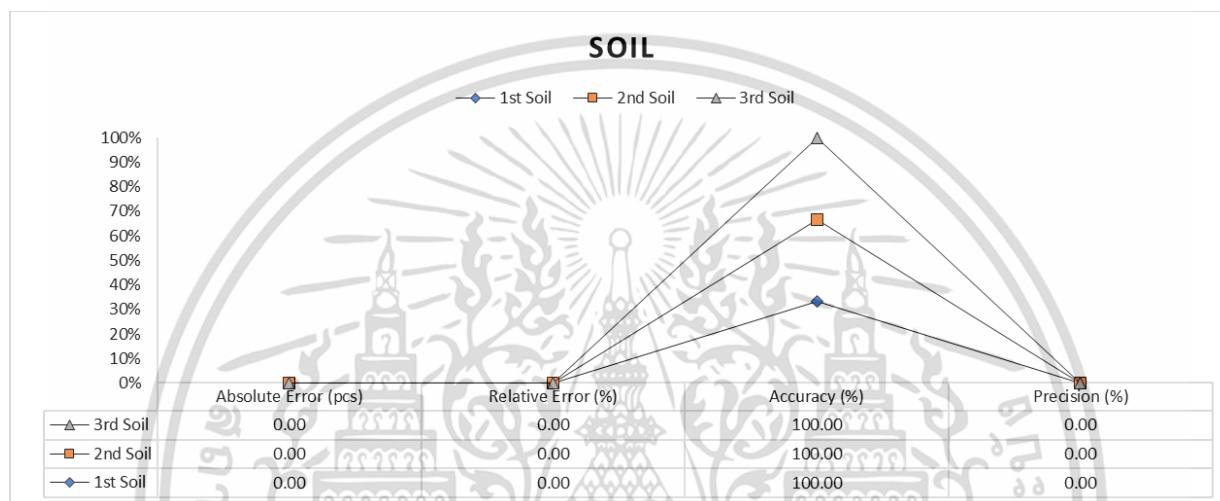
สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ซึ้น) X_t	Absolute Error (ซึ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษหิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษหิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษหิน	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	0.00

หมายเหตุ Absolute Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์, Relative error คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, Accuracy (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ, Precision (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดินในถุ้งมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

Condition	Absolute Error (pcs)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
1st Soil	0.00	0.00	100.00	0.00
2nd Soil	0.00	0.00	100.00	0.00
3rd Soil	0.00	0.00	100.00	0.00
Average	0.00	0.00	100.00	0.00

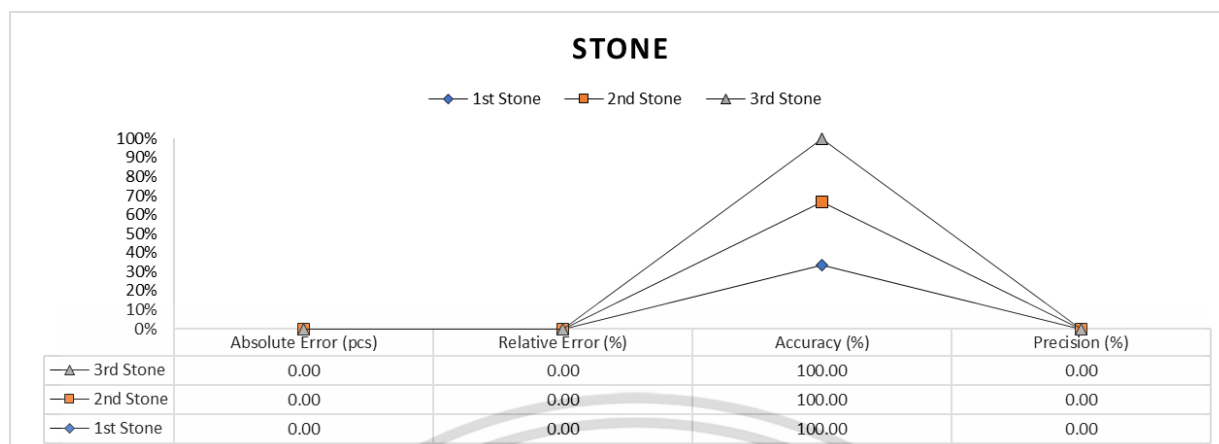


ภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดินในถุ้งมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหินในถุ้งมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

Condition	Absolute Error (pcs)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
1st Stone	0.00	0.00	100.00	0.00
2nd Stone	0.00	0.00	100.00	0.00
3rd Stone	0.00	0.00	100.00	0.00
Average	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหินในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

จากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษดิน (ตารางที่ 4.8) และผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน (ตารางที่ 4.9) จำนวน 5 ซีน ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อสิ่งเจือปนประเภทเศษดินและหินใส่ปนรวมไปกับถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ขนาด 18 กรัม จำนวน 5 ซีน พบว่า เครื่องเอ็กซ์เรย์ มีความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 0 ซีน และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และความเที่ยงตรงเท่ากับศูนย์ จึงพบว่า ไม่พบความคลาดเคลื่อนจากการปะปนสิ่งเจือปนประเภท ดินและหิน ทดสอบถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบจำนวน 5 ซีน เครื่องสามารถตรวจสอบคัดแยกโดยมีค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่ตรวจสอบได้ทั้งหมด 5 ซีน จากชิ้นงานทั้งหมด 5 ซีน ทุกการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 100 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ซึ่งถือได้ว่ามีความเที่ยงในประสิทธิภาพการตรวจจับที่สูง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ โดยอ้างอิงการคำนวณจากรายงานของ (นวกัทธา หนูนา และทวีพล ชี้อัสตย์, 2555) และในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด ดังนั้น หากต้องการให้เครื่องเอ็กซ์เรย์ มีความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงสูง ควรทำการทวนสอบเครื่องมือก่อนการผลิตทุกครั้ง

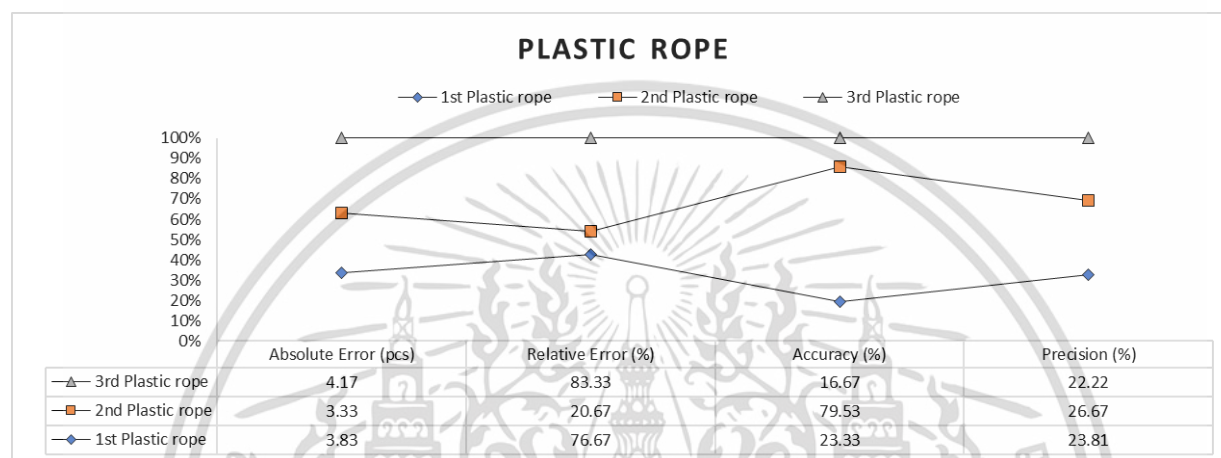
ตารางที่ 4.10 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติก จำนวน 5 ชั้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชั้น) X_t	Absolute Error (ชั้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เชือกพลาสติก	2.00	5.00	3.00	60.00	40.00	71.43
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	14.29
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	14.29
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	14.29
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	14.29
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	14.29
X_{mean}	1.17	5.00	3.83	76.67	23.33	23.81
เชือกพลาสติก	2.00	5.00	3.00	60.00	40.00	20.00
	1.00	5.00	4.00	10.00	90.00	40.00
	1.00	5.00	4.00	10.00	90.00	40.00
	2.00	5.00	3.00	60.00	40.00	20.00
	2.00	5.00	3.00	60.00	40.00	20.00
	2.00	5.00	3.00	60.00	40.00	20.00
X_{mean}	1.67	5.00	3.33	20.67	79.53	26.67
เชือกพลาสติก	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	20.00
	1.00	5.00	4.00	80.00	20.00	20.00
	0.00	5.00	5.00	100.00	100.00	16.67
	0.00	5.00	5.00	100.00	100.00	16.67
	0.00	5.00	5.00	100.00	100.00	16.67
	3.00	5.00	2.00	40.00	60.00	16.67
X_{mean}	0.83	5.00	4.17	83.33	16.67	22.22

หมายเหตุ Absolute Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์, Relative error คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, Accuracy (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ, Precision (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติกในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

Condition	Absolute Error (pcs)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
1st Plastic rope	3.83	76.67	23.33	23.81
2nd Plastic rope	3.33	20.67	79.53	26.67
3rd Plastic rope	4.17	83.33	16.67	22.22
Average	3.78	60.22	39.84	24.23



ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติกในถูงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติก จำนวน 5 ซึ้น ทำการทดสอบ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ จากตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อนำสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติกใส่ปนรวมไปกับถูงมันฝรั่งทอด ขนาด 18 กรัม จำนวน 5 ซึ้น พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 เครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 3.83 ซึ้น และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 76.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 23.33 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 23.81 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบซ้ำที่ 2 พบว่าเครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 3.33 ซึ้น และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 20.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 79.53 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 26.67 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดสอบซ้ำที่ 3 พบว่าเครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 4.17 ซึ้น และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 16.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 22.22 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชือกพลาสติกที่เป็นเชือกฟางหรือเชือกกระสอบที่นำมาทดสอบ มีน้ำหนักเบากว่าแผ่นมันฝรั่ง เมื่อเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจจับสิ่ง

แปลกปลอมตามระดับความหนาแน่นมากกว่า 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือมีการตั้งค่าตรวจจับเฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะ ความหนาแน่นน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับแผ่นมันฝรั่ง (Mettler-Toledo, 2016) อาจทำให้เชือกพลาสติก ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ดังนั้น จึงมีความคลาดเคลื่อนทำให้เชือกพลาสติกที่ทำการทดลองปะปนไปกับถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบดี โดยมีค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่ตรวจสอบได้ 3.78 ชิ้น จากชิ้นงานทั้งหมด 5 ชิ้น ทุกการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 39.84 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่ากับ 24.23 ตามตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทข้าวมันฝรั่ง จำนวน 5 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_i	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
ข้าวมันฝรั่ง	4.00	5.00	1.00	20.00	80.00	17.24
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
X_{mean}	4.83	5.00	0.17	3.33	96.67	5.75
ข้าวมันฝรั่ง	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	17.24
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	4.00	5.00	1.00	20.00	80.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
X_{mean}	4.83	5.00	0.17	3.33	96.67	5.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่ง จำนวน 5 ซีน ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ (ต่อ)

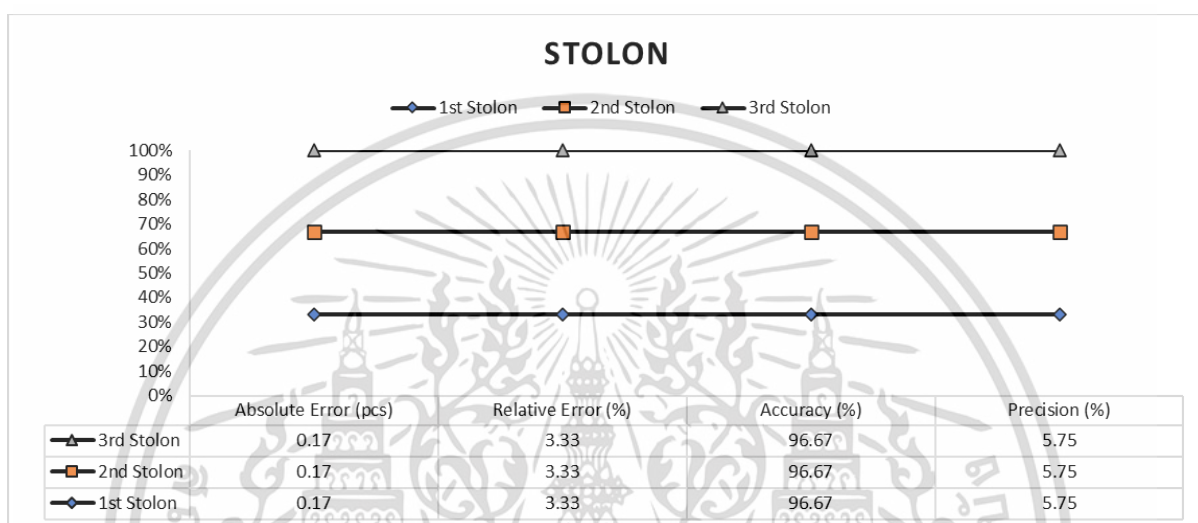
สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ซีน) X_t	Absolute Error (ซีน)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
ไขมันฝรั่ง	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	4.00	5.00	1.00	20.00	80.00	17.24
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
	5.00	5.00	0.00	0.00	100.00	3.45
X_{mean}	4.83	5.00	0.17	3.33	96.67	5.75

หมายเหตุ Absolute Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์, Relative error คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, Accuracy (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ, Precision (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง

ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่ง จำนวน 5 ซีน ทำการทดสอบ 6 ครั้ง จำนวน การทดสอบ 3 ซ้ำ จากตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อนำสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่งใส่ปนรวมไปกับถั่วมันฝรั่ง ทอด ขนาด 13 กรัม จำนวน 5 ซีน พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 2 และครั้งที่ 3 เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 0.17 ซีน และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 3.33 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ เท่ากับ 96.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงเท่ากับ 5.75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไขมันฝรั่ง มีน้ำหนักเบากว่าแผ่นมันฝรั่ง เมื่อเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมตามระดับความหนาแน่นมากกว่า 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือมีการตั้งค่าตรวจจับเฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะ อาจทำให้ไขมันฝรั่ง ความหนาแน่น 0.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดความหนาแน่นเท่ากับเศษไม้ (Mettler-Toledo, 2016) ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่งในถั่วงาฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

Condition	Absolute Error (pcs)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
1st Stolon	0.17	3.33	96.67	5.75
2nd Stolon	0.17	3.33	96.67	5.75
3rd Stolon	0.17	3.33	96.67	5.75
Average	0.17	3.33	96.67	5.75



ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทไขมันฝรั่งในถั่วงาฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

ดังนั้นจึงมีความคลาดเคลื่อนทำให้ไขมันฝรั่งที่ทำการทดลองปะปนไปกับถั่วงาฝรั่งแผ่นทอดกรอบดี โดยมีค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่ตรวจสอบได้ 0.17 ชิ้น จากชิ้นงานทั้งหมด 5 ชิ้น ทุกการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 96.67 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่ากับ 5.75 ตามตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และขี้มັນฝรั่ง ตัวอย่างละจำนวน 5 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
หิน	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เชือก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
พลาสติก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ขี้มັນฝรั่ง	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
หิน	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เชือก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
พลาสติก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ขี้มັນฝรั่ง	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
หิน	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เชือก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
พลาสติก	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ขี้มັນฝรั่ง	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00
X_{mean}	15.00	15.00	0.00	0.00	100.00	0.00

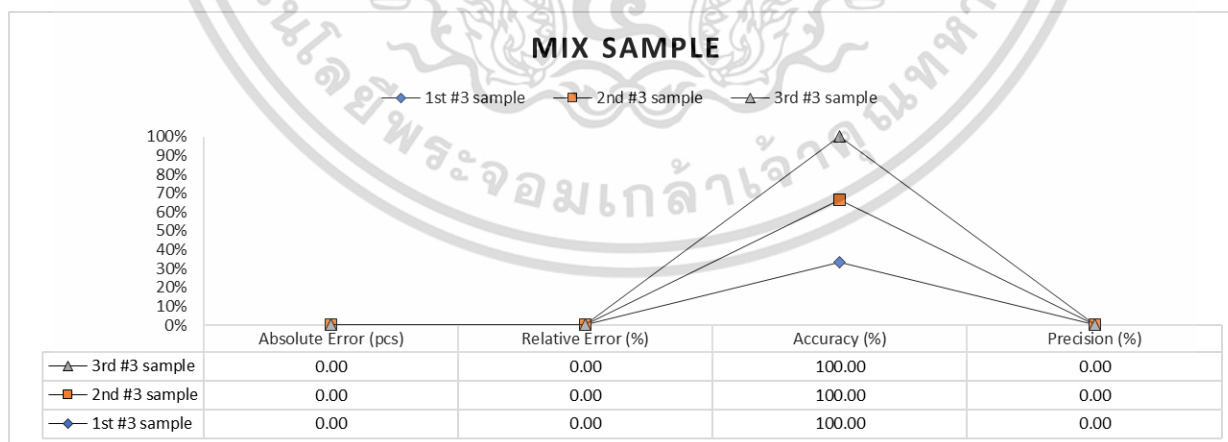
หมายเหตุ Absolute Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์, Relative error คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, Accuracy (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ, Precision (%) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบนำสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่ง จำนวน 15 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่ง ใส่ปนรวมไปกับถุงมันฝรั่งทอด ขนาด 18 กรัม จำนวน 5 ชิ้น พบว่าเครื่องเอ็กซ์เรย์ มีความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) เท่ากับ 0 ชิ้น และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นผลการทดสอบสิ่งเจือปน 3 ประเภทถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จึงพบว่า ไม่พบความคลาดเคลื่อนจากการปะปนสิ่งเจือปนทั้ง 3 ประเภททดสอบถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบจำนวน 5 ชิ้น เครื่องสามารถตรวจสอบคัดแยกโดยมีค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่ตรวจสอบได้ทั้งหมด 5 ชิ้น จากชิ้นงานทั้งหมด 5 ชิ้น ทุกการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 100 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ซึ่งถือได้ว่ามีความเที่ยงในประสิทธิภาพการตรวจจับที่สูง ตามตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่งในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

Condition	Absolute Error (pcs)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
1st #3 sample	0.00	0.00	100.00	0.00
2nd #3 sample	0.00	0.00	100.00	0.00
3rd #3 sample	0.00	0.00	100.00	0.00
Average	0.00	0.00	100.00	0.00



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทหิน เชือกพลาสติก และข้าวมันฝรั่งในถุงมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ในตัวอย่างสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติกที่ทำการทดสอบก่อนหน้าตามผลการทดสอบ ตารางที่ 4.10 ที่ทำการทดสอบปะปนสิ่งเจือปนประเภทเชือกพลาสติก และขี้มันฝรั่งเพียงชนิดเดียว พบว่าประสิทธิภาพของความเที่ยงตรงและแม่นยำต่อนั้น อาจเป็นเพราะเครื่องเอ็กซ์เรย์มีการตรวจจับ สิ่งเจือปนที่มีความหนาแน่นมากกว่าแผ่นมันฝรั่ง จึงทำให้การทดสอบตรวจคัดแยกถุงดีที่มีการเจือปน สิ่งแปลกปลอมประเภทขี้มันฝรั่งและเชือกพลาสติกที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาที่มีความ คลาดเคลื่อนสูง ในระหว่างการผลิตนั้นตัวอย่าง ขี้มันฝรั่งและเชือกพลาสติกที่พบนั้นเป็นปัญหาเพียง ส่วนน้อยที่พบได้จากขั้นตอนการปฏิบัติงานและเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานในขั้นตอนการรับเข้า จากการปาดกระสอบมันฝรั่ง วิธีการปาดถุงที่ไม่ถูกต้อง มีดที่ใช้ในการปาดกระสอบทำให้เกิดการเจือปน และขี้มันฝรั่งที่พบได้จากการตรวจสอบที่ผิดพลาดในขั้นตอนการคัดแยก หรือลักษณะทาง ธรรมชาติของหัวมันฝรั่งที่สามารถพบขี้มันฝรั่งดังกล่าวได้ตามลำดับ แต่สิ่งเจือปนทั้ง 2 ประเภทนั้น ไม่ได้เป็นอันตรายหากพบหรือมีการรับประทานเข้าไป และอีกทั้งยังสามารถลดการเจือปนของ สิ่งเจือปนประเภทขี้มันฝรั่งและเชือกพลาสติกนี้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างก่อนทอดมันฝรั่งได้ ผลการ ทดสอบของการผสมตัวอย่างของสิ่งเจือปนประเภทหิน ขี้มันฝรั่ง และเชือกพลาสติก จึงมีความ เที่ยงตรงแม่นยำที่สูงแล้วและยังมีความปลอดภัยจากสิ่งเจือปนประเภทหิน หากจะพบสิ่งเจือปนที่ ปะปนมากับผลิตภัณฑ์ได้ เช่น เชือกพลาสติก และขี้มันฝรั่งที่นำมาทดสอบนั้น แต่จะไม่เป็นอันตราย ต่อร่างกายดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

4.5 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2563 - พ.ศ. 2564

จากผลการเก็บข้อมูลภายในปี พ.ศ. 2563 - 2564 โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3 - 6 เดือน หลังการใช้มันฝรั่งแหล่งแม่สอดในการส่งผลิต เพื่อยืนยันปัญหาข้อร้องเรียนจากปัญหาสิ่ง แปลกปลอมที่ปะปนมากับมันฝรั่งในช่วงเวลาดังกล่าว

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการร้องเรียนทั้งทางด้านคุณภาพ และความปลอดภัยของ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุงที่ผลิตในช่วงปี พ.ศ. 2563 - 2564 ที่ได้รับจากผู้บริโภคและ ทางหน่วยงานควบคุมคุณภาพของโรงงานผลิต ได้ทำการเก็บไว้มีการร้องเรียนในด้านต่าง ๆ ตามแสดงใน (ตารางที่ 4.17) โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3 - 6 เดือน มีจำนวนถุงมันฝรั่งที่ผลิต และ จำหน่ายโดยใช้มันฝรั่ง จำนวน 556,028,584 ถุง พบว่าปัญหาข้อร้องเรียนทางด้านคุณภาพพบ 83 ถุง และพบปัญหาด้านความปลอดภัย 1 ถุง มีค่า DPMO หมายถึง จำนวนครั้งข้อร้องเรียนต่อ 1 ล้านครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สินค้าที่ขายไป เท่ากับ 0.15 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 1.50 ปัญหาข้อร้องเรียนทั้งทางด้านคุณภาพ และด้านความปลอดภัย แสดงการคำนวณ (ภาคผนวก ง) จึงเชื่อมั่นได้ว่าประสิทธิภาพขั้นตอนการลด อันตรายทางกายภาพด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการลดและป้องกันอันตรายใน กระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ สามารถแยกและตรวจจับสิ่งเจือปนทั้งทางด้านคุณภาพและ ความปลอดภัยที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและในระหว่างการผลิตได้อย่างแม่นยำโดยไม่พบข้อร้องเรียน จากผู้บริโภคภายหลังการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในช่วงระยะเวลา 3 - 6 เดือน ตามการศึกษาและจนถึง ปัจจุบัน

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ บรรจุกุญแจผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2564

	เดือน	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
	ปี	2563	2563	2563	2563	2564	2564
ถุงปิดไม่สนิท		3	3	5	5	4	1
ถุงไม่โปร่งพอง		3	4	5	-	5	1
แผ่นมันฝรั่งอมน้ำมัน		2	1	2	2	-	5
แผ่นมันฝรั่งแตกและเก่า		2	1	2	1	1	3
ข้อ ร้องเรียน แผ่นมันฝรั่งเป็นตำหนิไหม้		5	-	4	2	-	1
ตำหนิรอยชำจากมันฝรั่ง		-	-	3	-	2	2
สิ่งแปลกปลอม		1	1	-	1	-	-
จำนวนข้อร้องเรียน		16	10	21	9	14	13
จำนวนข้อร้องเรียนรวม							83
จำนวนผลิตมันฝรั่ง (ถุง)							556,028,584
DPMO							0.15

จากปัญหาข้อร้องเรียนของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2563 - 2564 จากตารางที่ 4.16 พบข้อร้องเรียนทางด้านคุณภาพ ตั้งแต่เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2564 พบปัญหาทางด้านคุณภาพจำนวน 83 ถุง ปัญหาถุง

ปิดไม่สนิท (Seal Defect) มากที่สุดจำนวน 21 ถุง ถุงไม่โปร่งพอง (Flat Bag) จำนวน 18 ถุง แผ่นมันฝรั่งน้ำมัน (Oily) จำนวน 12 ถุง แผ่นมันฝรั่งแตกและเก่า (Broken Chip & Stale Chip) จำนวน 10 ถุง แผ่นมันฝรั่งเป็นตำหนิใหม่ (High Potato Defect & Burnt Chip) จำนวน 12 ถุง และตำหนิจากรอยซ้ำของมันฝรั่ง (Mold Like) จำนวน 7 และข้อร้องเรียนปัญหาด้านความปลอดภัย ในเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2564 ที่พบว่าเป็นปัญหา สิ่งปนเปื้อน (Foreign Matter) จากเส้นผม จำนวน 1 ถุง และผงสีดำ จำนวน 2 ถุง ตามลำดับ จากการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาข้อร้องเรียนด้านคุณภาพ ดังกล่าวจากปัญหาถุงปิดไม่สนิท (Seal Defect) สาเหตุมาจากอุณหภูมิความร้อนจากเครื่องสุญญากาศไม่เหมาะสมทำให้เกิดมีรอยร้าวของสุญญากาศ จึงต้องมีการดูแลซ่อมบำรุงเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอและมีการตรวจเช็คเครื่องจักรตลอดระยะเวลาการทำงานอย่างสม่ำเสมอ ปัญหาถุงไม่โปร่งพอง (Flat Bag) แผ่นมันฝรั่งน้ำมัน (Oily) จากสาเหตุปริมาณน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของหัวมีปริมาณต่ำกว่าช่วงระหว่าง 1.071 ถึง 1.080 หรือ เปอร์เซ็นต์ของของแข็ง (Dry Matter) ต่ำกว่าช่วงระหว่าง 17.70 ถึง 19.70 ค่าความสัมพันธ์ระดับปานกลาง เป็นลักษณะเนื้อเหนียวนิ่มและเหมาะสมนำไปใช้แปรรูปทำมันฝรั่งทอดแบบแผ่น (Chips) และปริมาณน้ำหนักแห้งหรือความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของหัวมีปริมาณมากกว่า 1.090 หรือ เปอร์เซ็นต์ของของแข็ง (Dry Matter) มากกว่า 22.00 ค่าความสัมพันธ์ระดับสูงเนื้อเป็นแป้งและแห้งมาก นิยมนำไปทำแป้ง สามารถทำเป็นมันฝรั่งทอดแบบแผ่นและแบบแท่ง แต่ถ้าเป็นมันฝรั่งทอดแบบแผ่นมีแนวโน้มที่แผ่นกะเปราะแตกง่าย (วิวัฒน์ ภาณุอำไพ, 2538) มีผลทำให้พบปัญหาแผ่นทอดกรอบแตกและเก่า (Broken Chip & Stale Chip) จากปัญหาที่พบดังกล่าวมาแล้ว และปัญหาแผ่นมันฝรั่งเป็นตำหนิใหม่ (High Potato Defect & Burnt Chip) ผลกระทบจากปัญหาปริมาณน้ำตาล ถ้ามันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูงจะเกิดรสหวานและลักษณะเนื้อไม่ดีหลังการหุงต้ม (Schwimmer and Burr, 1967) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในแผ่นมันฝรั่งทอดซึ่งเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งกับกรดอะมิโน (Gray and Hughes, 1978) สีของมันฝรั่งทอดมีอิทธิพลสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งโดยทั่วไปจะไม่ชอบสีน้ำตาลเข้ม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ยอมรับได้ในยุโรปคือ 0.2 % สำหรับมันฝรั่งทอดแบบแผ่น และ 0.5 % สำหรับมันฝรั่งทอดแบบแท่ง (Coumou, 1991) เป็นสาเหตุของการพบข้อร้องเรียนทางด้านความพึงพอใจด้านคุณภาพของผู้บริโภค และปัญหาข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัยที่พบต่อมาได้แก่ สิ่งปนเปื้อน (Foreign Matter) จากเส้นผม จำนวน 1 ถุง และผงสีดำ จำนวน 2 ถุง ที่พบว่าลูกค้าพบปะปนมากับแผ่นมันฝรั่งบรรจุถุง ซึ่งปัญหาดังกล่าวพบว่าเคยมีรายงานข้อร้องเรียนในแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นเช่นเดียวกัน โดยจากรายงานพบว่าสิ่งแปลกปลอมที่พบ ได้แก่ วัตถุแปลกปลอมคิดเป็นร้อยละ 42.4 แมลงคิดเป็นร้อยละ 23.3 เส้นผมคิดเป็นร้อยละ 15.2 พลาสติกคิดเป็นร้อยละ 11.1 โลหะคิดเป็นร้อยละ 6.2 และเศษด้ายหรือผ้าคิดเป็นร้อยละ 1.8 (Aguiar et al., 2018) แต่ถ้าหากกล่าวถึงอันตรายของเศษผงดังกล่าวอาจไม่ได้มีความรุนแรงกับร่างกาย เศษผมหรือขนจากส่วนประกอบประเภทเนื้อสัตว์ พนักงาน เสื้อผ้าและสัตว์ฟันแทะต่าง ๆ จัดเป็นสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพอื่น ๆ ที่ไม่ได้ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคหรือทำให้เกิดการบาดเจ็บแต่อาจทำให้เกิดอันตรายทางชีวภาพขึ้นได้อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนมากับสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น (สุคันธา ไชศิริพันธ์, 2562) เป็นอันตรายที่เกิดจากความผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐาน (Failures in prerequisites programs) ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานอาหาร GMP โดยอันตรายมักพบว่ามีสาเหตุจากการเกิดความผิดพลาดขึ้นในกระบวนการผลิตที่มีข้อบกพร่องจากการปฏิบัติงานของพนักงานในสายการผลิตรวมทั้งการไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของกระบวนการผลิตอาหารที่เป็นโปรแกรมสุขลักษณะพื้นฐานจึงอาจทำให้พบอันตรายทางกายภาพเหล่านี้ได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากฝ่ายผลิตเกี่ยวกับสิ่งแปลกปลอมทางด้านกายภาพที่ปะปนมากับมันฝรั่งแหล่งแม่สอดในช่วงปี พ.ศ 2562 - 2563 ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน จากการส่งผลิตมันฝรั่งในพื้นที่ อำเภอแม่สอด ที่ทางโรงงานผลิตพบปัญหา ดิน เศษหิน หินกรวด ไปจนถึงเศษหินฝังภายในแผ่นมันฝรั่งจำนวนมากในช่วงเวลาดังกล่าว และได้รับข้อร้องเรียนจากฝ่ายผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพ เรื่องสิ่งเจือปนที่พบในมันฝรั่งที่ผ่านมาฝ่ายบริหารและจัดการมันฝรั่งได้นำความรู้และผลกระทบและอันตรายจากสิ่งปลอมปนที่พบเมื่อไปถึงฝ่ายผลิตและผู้บริโภค ให้ความรู้กับเกษตรกรหน้าไร่ นำข้อมูลการพบปัญหาหาวิเคราะห์และแยกประเภทและขนาดที่พบเพื่อทำการทวนสอบประสิทธิภาพการใช้งานจุดคัดแยกสิ่งแปลกปลอมทุกจุดในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยเฉพาะจุดคัดแยกสุดท้ายโดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนทั้งทางด้านคุณภาพและความปลอดภัยที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและในระหว่างการผลิตได้อย่างแม่นยำ โดยพบว่าไม่มีข้อมูลข้อร้องเรียนทางด้านความปลอดภัยจากผู้บริโภค ในเรื่องการปนเปื้อนของอันตรายทางกายภาพ ประเภทหิน ดิน จนถึงปัจจุบัน

5.1.2 การศึกษาขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จากการประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ได้ทำการประเมินขั้นตอนการผลิตการปนเปื้อนของอันตรายจากสิ่งเจือปนที่มีโอกาสเกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ระหว่างการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของปัญหาด้านคุณภาพและอันตรายทางด้านกายภาพตั้งแต่เริ่มจากการรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหามาตรการป้องกันการปนเปื้อนจากอันตรายทางกายภาพให้เหลือน้อยที่สุดในทุก ๆ ขั้นตอนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ จนทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในความ

ปลอดภัยของสินค้ามากขึ้น และเพื่อให้เครื่องตัดแยกสิ่งแปลกปลอมในแต่ละขั้นตอนมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

5.1.3 จากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของจุดตัดแยกอันตรายทางกายภาพและประสิทธิภาพเครื่องเอ็กซ์เรย์ ของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบบรรจุถุง เมื่อทำการศึกษากลับข้อมูลสิ่งเจือปนที่เครื่องมือตัดแยกออกมาได้ โดยทำการตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนที่ปะปนมากับมันฝรั่งที่ส่งเข้าผลิตไปจนถึงแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ สิ่งเจือปนทางด้านคุณภาพได้แก่ แผ่นมันฝรั่งนิ่มขนาด 6-10 มิลลิเมตร พบได้ในจุดตัดแยกจากเครื่องเอ็กซ์เรย์ อันตรายทางด้านกายภาพ ได้แก่ หิน ดิน ขี้มันฝรั่ง และเชือกพลาสติก ขนาด 2-5 มิลลิเมตร และขนาด 6-10 มิลลิเมตร ดังนั้นมีผลทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการการตัดแยกสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตก่อนขั้นตอนการขนส่งออกจำหน่ายมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยไม่พบปัญหาสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นปนเปื้อนไปกับผลิตภัณฑ์สุดท้าย

5.1.4 การดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการตัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องเอ็กซ์เรย์ ส่งแปลกปลอม โดยใช้สิ่งเจือปนที่ตัดแยกได้ในช่วงการผลิตที่ผ่านมาเป็นตัวทดสอบ พบว่าเครื่องมีความแม่นยำและมีความเที่ยงตรงสูงในการตัดแยกสิ่งเจือปน โดยเฉพาะสิ่งเจือปนทางด้านกายภาพ เช่น เศษหิน ดิน และดอกหญ้า และในการตัดแยกสิ่งเจือปนก่อนภายหลังขั้นตอนการบรรจุมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบลงถุง โดยใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์ทำให้ลดการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนทางด้านคุณภาพและอันตรายด้านกายภาพลงสู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทำให้ผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ

5.1.5 จากการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 - เดือนสิงหาคม 2564 โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3 - 6 เดือน หลังการใช้มันฝรั่งแห้งล่องอำเภอก แม้สอดคล้องผลิต สามารถกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพขั้นตอนการลดอันตรายทางกายภาพด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ที่เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการลดและป้องกันอันตรายในกระบวนการผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ สามารถแยกและตรวจจับสิ่งเจือปนทั้งทางด้านคุณภาพและความปลอดภัยที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและในระหว่างการผลิตได้อย่างแม่นยำโดยไม่พบข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคจนถึงปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 แหล่งปลุกมันฝรั่งที่พบปัญหาการปะปนของหินหรือดินจำนวนมากต้องมีการป้องกันเบื้องต้นเพื่อลดอันตรายในจุดเริ่มต้นให้เหลือน้อยลงในระหว่างกระบวนการแปรรูปโดย การคัดเลือกพื้นที่แหล่งปลูกจากประวัติพบปัญหาการปะปนมากให้น้อยที่สุด เครื่องมือหรือเครื่องจักรต้องมีประสิทธิภาพในขั้นตอนที่มีส่วนช่วยในการลดอันตรายโดยเฉพาะในขั้นตอนการล้าง ต้องมีการฉีดน้ำเพิ่มแรงดันน้ำในขั้นตอนการล้างมันฝรั่งจากแหล่งที่พบปัญหาการปะปนสิ่งแปลกปลอมมากขึ้น

5.2.2 จุดรับซื้อหรือผู้รวบรวมรับซื้อมันฝรั่งจากเกษตรกร เพิ่มเติมควรรู้ให้ความรู้และเน้นย้ำถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นในเรื่องของสิ่งเจือปนทางด้านกายภาพ เช่น เศษหิน เศษกรวด เมล็ดวัชพืช และพลาสติก เป็นต้น ที่อาจปนเปื้อนมากับมันฝรั่ง เพื่อเกษตรกรและผู้รวบรวมให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

5.2.3 การปะปนของสิ่งปลอมปนประเภทหิน ที่พบในลักษณะฝังอยู่ภายในเนื้อมันฝรั่งอาจเกิดจากการกระแทกกระหว่างเก็บเกี่ยวหรือขนส่ง ต้องเพิ่มเติมขั้นตอนการลดอันตรายเหล่านี้ในระหว่างขั้นตอนการรวบรวมหรือรับซื้อโดยมีแผ่นพลาสติกกรองพื้นในขณะเทมันฝรั่งกองรวมกัน แผ่นโฟมรองพื้นรถขนส่งหรือพื้นที่ปฏิบัติงาน

5.2.4 เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนทำงานได้ดียิ่งขึ้นควรมีการอบรมให้ความรู้เจ้าหน้าที่ เรื่องการดูแลและการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนและหลังปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ ไปจนถึงในจุดที่คัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยคนต้องมีการทวนสอบความรู้ความเข้าใจอย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง

5.2.5 ทบทวนและเน้นย้ำมาตรการการควบคุมระบบคุณภาพ GMP ของโรงงาน เรื่องการควบคุมสัตว์พาหะ เช่น กระจอก นก หรือหนู โดยการเพิ่มความถี่ในการกำจัดสัตว์พาหะที่บริเวณรอบห้องเย็นจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อลดการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนก่อนการผลิต

5.2.6 เพิ่มความถี่การทำความสะอาดเครื่องจักรในแผนการทำความสะอาดเครื่องคัดสิ่งแปลกปลอม และเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตก่อนและหลังปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอตามระบบคุณภาพ GMP ของโรงงาน

บรรณานุกรม

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. **มาตรฐานสินค้าเกษตรมันฝรั่งสำหรับการแปรรูป** (มกษ. 1524-2561).สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.
- เกรียงศักดิ์ ชูแสง, รัชชานา สันธวาลัย และ นภิสพร มีมงคล. 2554. **การลดข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง กรณีศึกษา: โรงงานตัวอย่างในเขตจังหวัดสงขลา**. การประชุม การช่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม (ตุลาคม): 872-881.
- ธงไชย ทองอุทัยศรี. 2529. **การเปรียบเทียบพันธุ์มันฝรั่ง**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมันฝรั่ง (ครั้งที่ 1). สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 17 – 19 มกราคม 2529. หน้า 45 – 61.
- ธงไชย ทองอุทัยศรี. 2535. **มันฝรั่ง**. หน้า 18 – 22 หนังสือครบรอบ 50 ปี สถานีทดลองพืชสวนฝาง. สถาบันวิจัย พืชสวนฝาง. จังหวัดเชียงใหม่.
- ธรรณัฐ พรหมะจุล. 2556. **เครื่องคัดแยกโลหะต้นแบบต่อการแยกโลหะประเภทเหล็กที่มากับ พริกไทย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาขาวิชาโภชนาการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นงนุช เมธิยนต์พิริยะ. 2557. **วิทยาศาสตร์กับความปลอดภัยทางอาหาร**. กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 60 ฉบับที่ 195: 8-10.
- นวกัทธา หนูนาค และทวีพล ชี้อัสตัย. 2555. **การวัดและเครื่องมือวัด**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มีนเซอร์วิซซ์พพลาย. กรุงเทพมหานคร.
- บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด. 2558. **หลักการทํางานของระบบเอ็กซ์เรย์ สืบค้นจาก:** www.mt.com/Principle_of_X-Ray_Inspection.net (10 มีนาคม 2563)
- ภากร ยังประภากร. 2549. **การวิเคราะห์อันตราย และการควบคุมจุดวิกฤตของโรงปรับปรุงคุณภาพข้าว**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาโครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มานิชน์ ทองเจียม. 2535. **กรมวิชาการเกษตรกับงานวิจัยและพัฒนามันฝรั่ง**, หน้า 123 – 133. เอกสาร วิชาการประจำปี 2535. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วารุณี ผิวงาม. 2560. การทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีเพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิวัฒน์ ภาณุอำไพ. 2538. ผลของสภาพการปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพในการบริโภคและแปรรูปของมันฝรั่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีระวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวฝักและผลไม้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุคันธา ไอลิพันธ์. 2561.อันตรายทางกายภาพในอาหาร. วารสารวิทยาศาตร์บูรพา ปีที่ 23 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน.2561
- Aguiar, R. S., Esmerino, E. A, Rocha, R.S., Pimentel, T.C., Alvarenga, V.O., Freitas M.Q., Silva, M.C., Sant' Ana, A.S., Silva, A.C.O., and Cruz, A.G. 201. Physical hazards in dairy products: Incidence in a consumer complaint website in Brazil. Food Control. 86, 66-70.
- Andersson, K., and Lidholm, J. 2003. Characteristics and immunobiology of grass pollen allergens. Allergy and Immunology.130(2):87-107.
- Beckett, S.T. 2009. Food Safety in Chocolate Manufacture and Processing. In S.T.G. Beckett. (Ed), Industrial Chocolate Manufacture and Use. (P. 511-533). New York: John Wiley & Sons.
- Codex, 2008. Guideilnes for the validation of food safety control measures, CAC/G 69: 1-16.
- Coumou, D. 1991. The significance of potato breeding in the Netherland for the potato processing industry in Asia. P. 39-51. In processing of the Symposium on Development in Potato Processing and Storage in Asia. June 17-18, 1991. Bandung, Indonesia.
- Delwiche, S.R., Pearson, T.C., and Brabec, D.L. 2005. High-speed optical of soft wheat for reduction of deoxyni valenol. Plant Dis. 89: 1214-1219.
- Easdani, M., Khaliduzzaman and Bhuiya, M.H.R. 2012. The Design of HACCP Plan for Potato Chips Plant Bangladesh. J. Environ. Sci. & Natural Resources, 5(2): 329-338
- FDA. 1999. Foods - Adulteration Involving Hard or Sharp Foreign Objects. Retrieved October 6, 2017, from http://www.fda.gov/ora/compliance_ref/cpg/cpgfod/cpg555-425.htm.

- Frankland, A.W., and Lunn, J. A. 1965. Asthma caused by the grain weevil. *Brit. J. industry. Med.* 22: 157-159.
- Gould, A.W. 1988. **Quality of Potato for chip manufacture**. P. 10-20 In Anderson, L.D. (ed.).
The potato association of American symposium potato quality Industry needs for growth.
Pillsbury Company Ground Forks, ND 58201.
- Gray, D. and Hughes, J.C. 1978. **Tuber Quality**. P. 504-544. In P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop. The Scientific Basic for Improvement*. Chapman and Hall Ltd., London.
- Hawkes, J.G. 1978. **History of the potato**, P.1-14. P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop. The Scientific Basic for Improvement*. Chapman and Hall Ltd., London.
- Kleinkopf, G.E., Westman, D.T., Will, M.J. and Kleinschmidt. 1987. **Specific gravity of Russet Burbank potato**. *Amar. Potato J.*, 64: 579-589.
- Kleinschmidt, G.D., Kleinkopf, G.E., Westman, D.T. and Zalewski, J.C. 1984. **Specific gravity of potato Cooperative extension Service agricultural experiment station**. University Idaho college of agriculture. Current Information Service No. 609. 4 pp.
- Leonard, B. 2011. **Fish and Fishery Products: Hazards and Controls Guidance**. Retrieved October 6, 2017, from [https://www.fda.gov/downloads/food/guidance regulation/ucm251970.pdf](https://www.fda.gov/downloads/food/guidance%20regulation/ucm251970.pdf).
- Lunn, J. A. 1966. **Millworkers' Asthma: Allergic Responses to the Grain Weevil (*Sitophilus granarius*)**. *Brit. J. industry. Med.* .23: 149-152.
- McSwane, Rue, D.N., and Linton, R.1998. **Essentials of food Safety and Sanitation**. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Medina, M. 2016. **ConAgra Foods Recalls Frozen Chicken and Beef Products Due to Possible Foreign Matter Contamination**. USDA-United States Department of Agriculture. [Online]. Available:[https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall case-archive/archive/2016/recall-056-2016-release](https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall%20case-archive/archive/2016/recall-056-2016-release) (30 March 2019).
- Motarjemi, J. and Lelieveld, H. 2014. **Detection of Physical Hazards**. In G. Demareux. (Eds.), *Food*

- Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry. (pp. 511-533). London: Elsevier.
- National Seafood HACCP Alliance for Training and Education. 1997. **HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Point Training Curriculum**. 2nd ed. U.S.A.
- Nigel G. Yee and William T. Bussell, 2007, **Good Potatoes for Good Potato Crips a Review Current Potato Crips Quality Control and Manufacture**. Food Global Science Books.
- Quality Assurance and Food safety.2011. **Foreign Objects Contamination**. Available a <https://www.qualityassurancemag.com/article/qa1211-detect-foreign-objects> (3 มกราคม 2563). Quality Assurance and Food safety.
- Schwimmer, S. and Burr, H.K. 1967. **Structure and Chemical composition of the potato tuber**. P. 12-42. In Talburt, W.F. and Smith, O. (ed.). **Potato processing**. The AVI Publishing. Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Smith, O. 1977. **Potato Production, Processing**. The AVI Publishing – Company, Inc. 641 pp.
- Trafialek, J. Kaczmarek, S. and Kolanowski W., 2015. **The Risk Analysis of Metallic Foreign Bodies in Food Product**. Journal of Food Quality ISSN 1745-4557.
- USDA-United States Department of Agriculture. 2016. **ConAgra Foods Recalls Frozen Chicken and Beef Products Due to Possible Foreign Matter Contamination**. Available at https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall-case-archive/archive/2016/recall-056_2016_release (30 March 2560). USDA -United States Department of Agriculture.

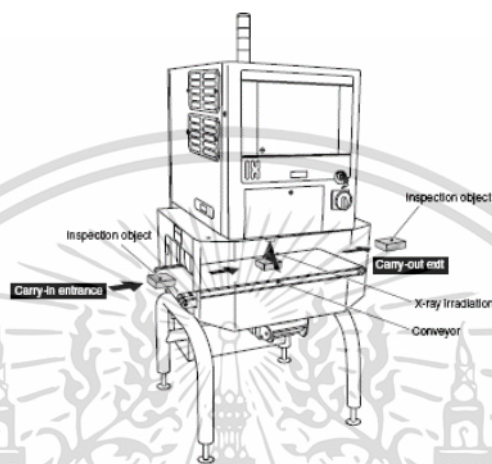


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเครื่องเอกซเรย์ (X-Ray)

ก.1 องค์ประกอบของเครื่องเอกซเรย์ (X-Ray) (Configuration)



ภาพที่ ก.1: เครื่องเอกซเรย์ เพื่อตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม

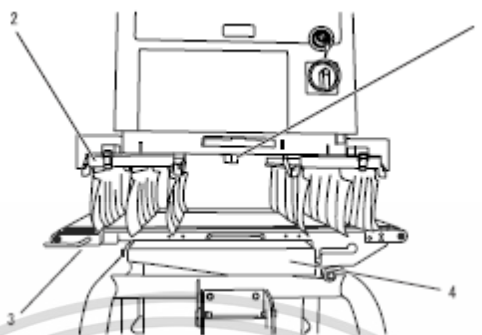
ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

ตารางที่ ก.1 หน้าที่ส่วนประกอบเครื่องเอกซเรย์

ลำดับ	ชื่อ	หน้าที่
1	Signal Power	แสดงความพร้อมในการทำงานของเครื่องจักร
2	Operation Panel	ควบคุมการป้อนค่าและแสดงผล
3	Front Panel	ตำแหน่งของเครื่องพิมพ์และตัวเก็บข้อมูล (CF Card)
4	Air Inlet	ระบายอากาศของเครื่องเพื่อป้องกันความชื้นภายในตัวเครื่อง
5	Conveyor Opening	ระบายอากาศของเครื่องเพื่อป้องกันความชื้นภายในตัวเครื่อง
6	Conveyor	เคลื่อนย้ายสิ่งที่ต้องการตรวจสอบ
7	Inspection Room Door	ห้องฉายแสงเอกซเรย์
8	Emergency Stop Button	ปุ่มหยุดการทำงานเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

ก.2 ส่วนประกอบภายในห้องฉายรังสี (Inside of the inspection room)



ภาพที่ ก.2: ด้านในของห้องฉายรังสี

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

ตารางที่ ก.2 หน้าที่ส่วนประกอบภายในห้องฉายรังสีเครื่องเอ็กซ์เรย์

ลำดับ	ชื่อ	หน้าที่
1	X-Ray radiation section	ความกว้างของรังสีในการตรวจสอบ
2	Protective Curtain	1 ชุดประกอบด้วยม่าน 3 ชั้นมีหน้าที่ป้องกันรังสีรั่วไหล
3	Conveyor frame	โครงสร้างของชุดสายพาน สามารถถอดทำความสะอาดได้
4	Line sensor cover	ผ้าครอบสำหรับป้องกันชุดอ่านรังสี (Line Sensor)

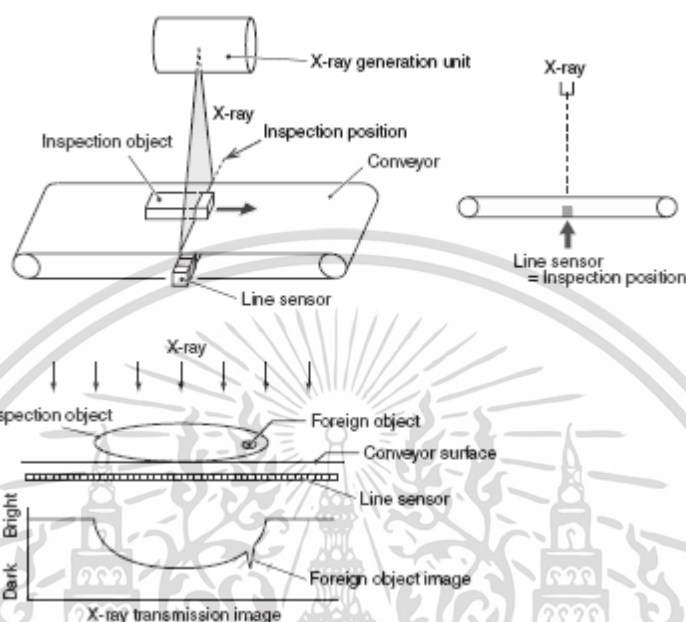
ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

ก.3 การทำงานของเครื่องตั้งแต่ผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายพานจนกระทั่งออกจากสายพาน

- 1.วางผลิตภัณฑ์ที่จะตรวจสอบลงบนสายพานจากนั้นสายพานจะนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ห้องตรวจสอบ
- 2.เมื่อผลิตภัณฑ์เข้าสู่ห้องตรวจสอบเครื่องจะทำการฉายรังสีและประมวลผลออกมาเป็นภาพสู่หน้าจอ
- 3.เมื่อภาพเข้าสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลว่าผลิตภัณฑ์นี้ผ่านการตรวจสอบหรือไม่ แต่การตรวจสอบจะอยู่กับค่าที่ตั้งไว้แล้ว
- 4.ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบจะไหลตามสายพานแต่ถ้าไม่ผ่านการตรวจสอบจะถูกคัดแยกโดยเครื่อง (ถ้ามีชุดคัดแยก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 หลักการตรวจสอบของเครื่องเอ็กซ์เรย์



ภาพที่ ก.3 หลักการตรวจสอบของเครื่องเอ็กซ์เรย์

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

1. หลักการตรวจสอบของเครื่องเอ็กซ์เรย์

โดยแบ่งตามส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเอ็กซ์เรย์ ได้แก่

1.1 หลอดรังสีเอ็กซ์เรย์ที่ติดตั้งด้านบนของเครื่องจะทำการฉายรังสีออกมาเป็นรูปใบพัด และ Line Sensor ที่อยู่ด้านล่างจะเป็นชุดรับรังสี

1.2 Line sensor จะทำการรับรังสีจากหลอดเอ็กซ์เรย์รังสีที่ผ่านตัวผลิตภัณฑ์โดยสัญญาณที่ได้จะออกมาเป็นสัญญาณ Linear เพื่อใช้ในการแสดงภาพ

1.3 สัญญาณภาพที่แสดงออกมาได้จากการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์และในการตรวจสอบชิ้นงานว่าผ่านหรือไม่ผ่านคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลภาพที่ได้บันทึกไว้แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความไวในการตรวจจับที่ผู้ใช้งานได้ทำการตั้งค่าและไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การประมวลผลภาพในการตรวจจับสน

การประมวลผลในแต่ละระดับของเครื่องเอ็กซ์เรย์ แบ่งออกเป็นระดับ 1 ถึงระดับ 5 โดยในแต่ละระดับมีการตรวจจับสนขนาดสิ่งแปลกปลอมไม่เท่ากัน สำหรับระดับ 1 ถึงระดับ 4 นั้นสามารถตรวจจับสนสิ่งแปลกปลอมตามขนาดที่ตั้งค่าไว้ แต่ในระดับที่ 5 นั้นสำหรับต้องการตรวจจับสนสิ่งแปลกปลอมแบบพิเศษที่ต้องการกับเฉพาะสิ่งนั้นรายละเอียดของแต่ละระดับจะแสดงในตารางที่ ก.3 ดังนี้

ตารางที่ ก.3 ระดับการตรวจจับสนสิ่งแปลกปลอม

ระดับ	สี	การตรวจจับสน	ขนาดสิ่งแปลกปลอม
1	แดง	ตรวจจับสนสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็ก	น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร
2	น้ำเงิน	ตรวจจับสนสิ่งแปลกปลอมขนาดกลาง	1-4 มิลลิเมตร
3	เขียว	จะเปรียบเทียบของจุดสีเทาที่มีความแตกต่างจากค่าเดิม	สิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่ 3-10 มิลลิเมตร
4	เหลือง	ตรวจจับสนภาพโดยประมวลผลจากสัญญาณดิจิตอล	ขึ้นอยู่กับมุมมองขนาดว่าสิ่งใดที่เป็นจุดดำ เครื่องจะทำการตรวจจับสน
5	ม่วง	----	ไม่ได้ใช้งานในโหมดปกติจะใช้เมื่อต้องการจับสนสิ่งแปลกปลอมเฉพาะเจาะจง

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- ระดับการประมวลผล

การประมวลผลระดับ 1 (Level 1)

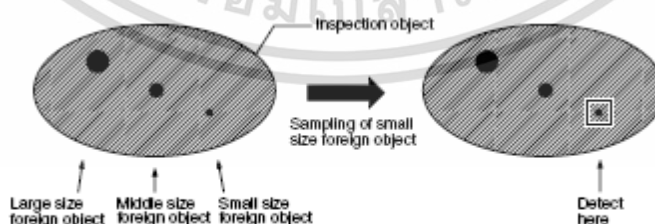


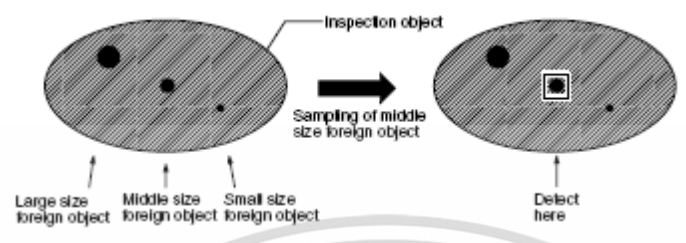
Fig. 2-9 Example of level 1 processing

ภาพที่ ก.4 ภาพแสดงการประมวลผลระดับ 1 (Level 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

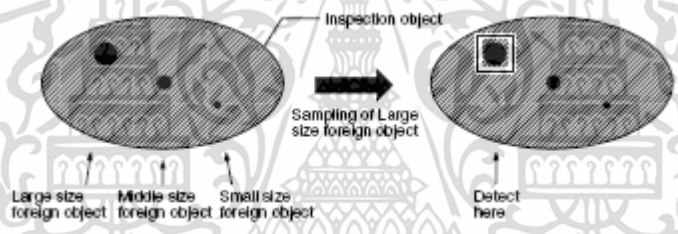
การประมวลผลระดับ 2 (Level 2)



ภาพที่ ก.5 ภาพแสดงการประมวลผลระดับ 2 (Level 2)

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

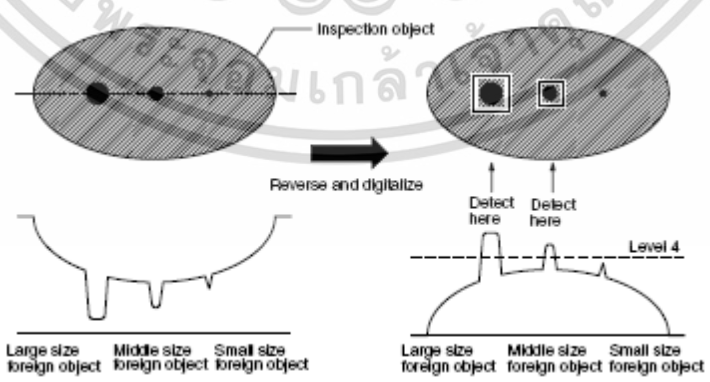
การประมวลผลระดับ 3 (Level 3)



ภาพที่ ก.6 ภาพแสดงการประมวลผลระดับ 3 (Level 3)

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

การประมวลผลระดับ 4 (Level 4)



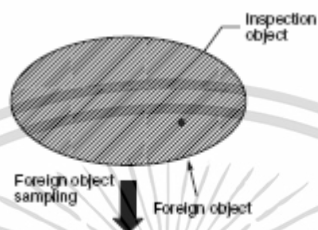
ภาพที่ ก.7 ภาพแสดงการประมวลผลระดับ 4 (Level 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- การลดระดับการประมวลผล (Reduction Level Processing)

ในการลดค่าในการตรวจจับสามารถปรับได้ในแต่ละระดับถ้ามีการตรวจจับตัวเองที่มุ่มหรือขอบของผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบเราสามารถลดระดับการตรวจจับได้

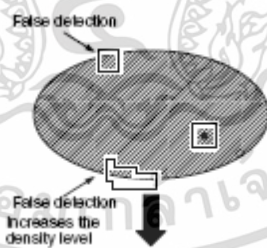


ภาพที่ ก.8 ภาพตำแหน่งการตรวจจับตัวเองแนวรอบขอบของผลิตภัณฑ์

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

สำหรับการตรวจจับตัวเองแนวรอบขอบของผลิตภัณฑ์ให้เพิ่ม Reduction Level และหลังจากนั้นลดค่าความไวในการตรวจจับ อย่างไรก็ตามถ้าลดค่าความไวในการตรวจจับมากไปอาจจะทำให้ไม่ตรวจจับเลย ดังนี้

- เมื่อผ่านการตรวจสอบบางครั้งเครื่องจะทำการตรวจจับขอบผลิตภัณฑ์นั้นทำให้ยากต่อการตรวจจับ

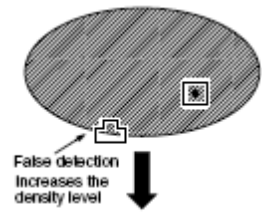


ภาพที่ ก.9 ภาพตำแหน่งการตรวจจับตัวเองแนวรอบขอบของผลิตภัณฑ์ที่ยากต่อการตรวจจับ

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- เมื่อเพิ่ม Reduction Level ระดับในการตรวจจับจะลดลงเพื่อลดระดับการตรวจจับของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.10 ภาพแสดงระดับในการตรวจจับลดลง

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- เมื่อปรับ Reduction Level พอประมาณและเพิ่มความไวในการตรวจจับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้แม่นยำขึ้น

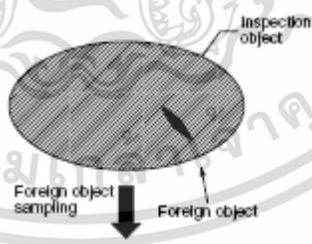


ภาพที่ ก.11 ภาพแสดงประสิทธิภาพการตรวจจับที่แม่นยำ

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- ระดับความหนาแน่นในการประมวลผล (Density Level Processing)

ระดับความหนาแน่นสามารถปรับได้ในแต่ละระดับ การตรวจจับที่ผิดพลาดก็คือเครื่องจะตรวจจับบนผิวของผลิตภัณฑ์ซึ่งบางครั้งจุดนั้นไม่ใช่สิ่งแปลกปลอม

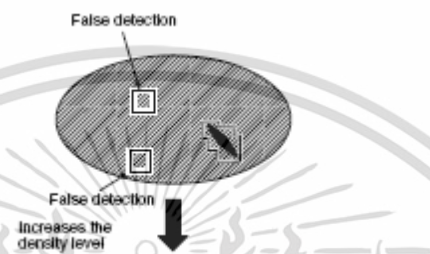


ภาพที่ ก.12 ภาพแสดงเครื่องตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่สิ่งแปลกปลอม

ที่มา : บริษัท เมทเลออร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

สำหรับการตรวจจับจุดที่ไม่ใช่สิ่งแปลกปลอมนี้สามารถเพิ่ม Density Level จากนั้นลดความไวในการตรวจจับ อย่างไรก็ตามเมื่อค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอาจจะตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดเล็กยากขึ้น ดังนี้

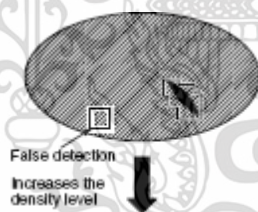
- เมื่อเครื่องตรวจจับผิวของผลิตภัณฑ์ในเวลาเดียวกันจะทำให้การตรวจจับไม่ถูกต้องตำแหน่ง และเครื่องจะทำการตรวจจับตัวเอง



ภาพที่ ก.13 ภาพแสดงเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในเวลาเดียวกัน

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

- เมื่อปรับค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นระดับการตรวจจับจะค่อยๆจางลงและจะทำให้ง่ายต่อการตรวจจับ



ภาพที่ ก.14 ภาพแสดงเครื่องตรวจจับสิ่งแปลกปลอมเมื่อปรับเพิ่มค่าความหนาแน่น

ที่มา : บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

ก.5 การตั้งค่าการตรวจจับ (Setting Detection Sensitivity)

ตารางที่ ก.4 ระดับตั้งค่าในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม

ระดับ	สี	วิธีการตรวจจับ	สิ่งแปลกปลอมที่ตรวจจับ
1	แดง	ตรวจจับตามความ	สิ่งแปลกปลอมขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2 mm)
2	น้ำเงิน	เปลี่ยนแปลง	สิ่งแปลกปลอมขนาดกลาง (1 ถึง 2 mm)
3	เขียว	ของสีเทาที่มองเห็น	สิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่ (3 ถึง 10 mm)
4	เหลือง	ตรวจจับโดยวิธีการมองแบบ ดิจิทัล	ไม่ได้มองขนาดของสิ่งแปลกปลอมแต่จะ มองที่จุดสีดำที่สุดที่มองเห็นในขณะนั้น
5	ม่วง	----	-----

ที่มา : บริษัท เมทเธอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2558)

หมายเหตุ - หากสามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้ในหลายระดับในจุดเดียวกันนั้นเครื่องจะให้ความสำคัญในระดับการตรวจสอบระดับที่ 1 เป็นระดับแรก

ก.6 ความสามารถและข้อจำกัดของเครื่องเอ็กซ์เรย์

เทคโนโลยีด้านเอ็กซ์เรย์ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วจนก้าวมาเป็นทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากการตรวจจับโลหะด้วย Metal Detector คุณประโยชน์ของเครื่องเอ็กซ์เรย์ตรวจจับสิ่งปลอมปน ในหลายๆกรณีที่สามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้ดีกว่าเครื่องตรวจจับโลหะเนื่องจาก

- ไม่มีผลกระทบจากบรรจุภัณฑ์ จำพวก เมทัลไลซ์ฟิล์ม หรือ อลูมิเนียมฟอยล์
- ไม่มีผลกระทบจากสินค้า เช่น ความชื้น, อุณหภูมิ และความนำไฟฟ้า

ประสิทธิภาพการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม ประเภทโลหะ Ferrous / non-Ferrous / SUS ใกล้เคียงกัน (ยกเว้นอลูมิเนียม)

- สามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมประเภทอื่น ๆ ได้หลากหลาย เช่น แก้ว, หิน, พลาสติก,
- สามารถตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในขวดแก้ว หรือ กระป๋องได้
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ระดับการบรรจุสินค้า, รูปร่าง, ความแตกหักเสียหาย, การนับจำนวนชิ้น และความสมบูรณ์ของการปิดผนึกของบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.7 ข้อจำกัดของเครื่องเอ็กซ์เรย์ตรวจจับสิ่งแปลกปลอม

เนื่องจากประสิทธิภาพการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์นั้น ขึ้นอยู่กับระดับความแตกต่างของความหนาแน่นในวัสดุแต่ละชนิด ฉะนั้นขนาดอนุภาคนิยมที่ตรวจจับได้จะใหญ่กว่าโลหะชนิดอื่นโดยมีขนาดใกล้เคียงกับสิ่งปลอมปนประเภทแก้ว

- ความหนาของผลิตภัณฑ์ (ตามแนวรังสี) ส่งผลกระทบต่อตรงต่อการตรวจจับ ผลิตภัณฑ์ที่มี

ความหนามาก(ความหนาแน่นสูง) จะมีประสิทธิภาพการตรวจจับที่ต่ำกว่า นอกเหนือจากระดับความหนาแน่นแล้ว ความซับซ้อน (Product Texture) ของผลิตภัณฑ์ เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจจับ เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นในตัวสินค้าขึ้น เดียวกันมาก ๆ เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, มันฝรั่งทอดกรอบ จะให้ประสิทธิภาพการตรวจจับที่ต่ำกว่า

ก.8 การบำรุงรักษาเครื่องจักร

การดูแลตรวจสอบส่วนประกอบเครื่องประจำวัน

1. ตรวจสอบม่านตะกั่ว
2. ทำความสะอาดสายพาน
3. ดึงสายพานออกจาก Conveyor frame ล้างสายพานด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำยาทำความสะอาดบริสุทธิ์
4. ล้าง Roller ด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำยาทำความสะอาดบริสุทธิ์
5. ทำความสะอาดชุด Conveyor frame ล้างชุด Conveyor frame ด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำยาทำความสะอาดบริสุทธิ์
6. ทำความสะอาดชุด Line Sensor Cover ด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า
7. ทำความสะอาดด้านในของประตูด้วยน้ำสะอาด และใช้ผ้าบาง ๆ เช็ดทำความสะอาดภายในและบริเวณ Line Sensor Cover

การดูแลบำรุงรักษาประจำเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตรวจสอบ Interlock Switch ที่ประตูด้านหน้า เครื่องเอ็กซ์เรย์จะมี Interlock Switch ที่ประตูด้านหน้า ขณะที่เครื่องทำงาน ถ้ามีการเปิดประตูเครื่องเอ็กซ์เรย์จะหยุดการทำงานทันที เพื่อป้องกันอันตรายจากรังสีเครื่องเอ็กซ์เรย์ควรมีการตรวจเช็ค Interlock Switch นี้ทุก ๆ เดือน

2. ตรวจสอบแผงม่านตะกั่ว บริเวณด้านในเครื่องทั้ง 2 ด้าน ที่แผงม่านตะกั่ว จะมี Interlock Switch ด้วยเช่นกัน ถ้ามีการใส่ที่ฉีดพลาสติกหรือลิ้มใส่เครื่องจะไม่สามารถทำงานได้ เพื่อป้องกันรังสีเครื่องเอ็กซ์เรย์รั่วไหล ควรมีการตรวจเช็คทุก ๆ เดือนเช่นเดียวกัน

3. การตรวจสอบสายพาน สายพานควรอยู่ในสภาพปกติไม่ควรมีรอยฉีกขาดหรือเสื่อมสภาพ ถ้ามีรอยฉีกขาดหรือเสื่อมสภาพควรมีการเปลี่ยนใหม่ทันที

4. การปรับสายพานเมื่อสายพานเกิดการเอียงในการปรับสายพานต้องทำการปิดระบบเครื่องเอ็กซ์เรย์และใช้ Conveyor Switch ในการปรับแต่งทำการปรับความตึงของสายพานที่น็อตสกรูด้านซ้าย, ขวา ของ Conveyor Frame ทางด้าน Inside

ภาคผนวก ข

วิธีการสุ่มตัวอย่างสิ่งเจือปนในการทดลอง

การทดสอบแบ่งเป็นชุดการทดสอบทั้งหมด 4 ชุด ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ เศษหิน ดิน ไขมันฝรั่ง และเชือกพลาสติก โดยทำการทดลอง 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

ค.1 การทดสอบชุดที่ 1

เศษหิน (ซ้ำที่ 1)

เศษหิน (ซ้ำที่ 2)

เศษหิน (ซ้ำที่ 3)

ค.2 การทดสอบชุดที่ 2

เศษดิน (ซ้ำที่ 1)

เศษดิน (ซ้ำที่ 2)

เศษดิน (ซ้ำที่ 3)

ค.3 การทดสอบชุดที่ 3

ไขมันฝรั่ง (ซ้ำที่ 1)

ไขมันฝรั่ง (ซ้ำที่ 2)

ไขมันฝรั่ง (ซ้ำที่ 3)

ค.4 การทดสอบชุดที่ 4

เศษหิน ไขมันฝรั่ง เชือกพลาสติก (ซ้ำที่ 1)

เศษหิน ไขมันฝรั่ง เชือกพลาสติก (ซ้ำที่ 2)

เศษหิน ไขมันฝรั่ง เชือกพลาสติก (ซ้ำที่ 3)

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณหาค่า Accuracy และ Precision

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error) (นวกัฑรา และ ทวีพล, 2555)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด

$$\text{Absolute error} = |X_{\text{mea}} - X_t| \quad (1.1)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)
 X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

2. ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\text{Relative error} = \frac{|X_{\text{mea}} - X_t|}{X_t} \quad (1.2)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (1.3)$$

โดย X_t คือ ค่าจริง (True Value)
 X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

$$\begin{aligned} \text{Relative error} &= \frac{|10 - 10|}{10} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= 0 \times 100 \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง (% Accuracy) (1.4)

$$\begin{aligned} \% \text{ Accuracy} &= 100 - \% \text{ Error} \\ &= 100 - 0 \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

4. ค่าความเที่ยงตรง (Precision)

(1.5)

$$\text{Precision} = \frac{|x_i - x_m|}{x_m}$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n x_i$$

โดย

 x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง $\sum_{x=1}^n x_i$ คือ ผลรวมของค่าการวัดทั้งหมด n คือ จำนวนครั้งของการวัด

$$x_m = \frac{(5+5+5+5+5+5)}{6}$$

$$= 5$$

$$\text{Precision (\%)} = \left[\frac{5-5}{5} \right] \times 100$$

$$= 0 \times 100$$

$$= 0\%$$

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณ Six Sigma

ตามแนวทางของ DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2554)

$$\text{DPMO} = \frac{\text{(Number of Defects x 1,000,000)}}{\text{((Number of Defects Opportunities/Unit) x Number of Units)}}$$

1. จำนวนครั้งข้อร้องเรียนที่พบต่อ 1 ล้านครั้งมันฝรั่งที่ส่งผลิต

โดย ข้อมูลการส่งผลิตมันฝรั่งแหล่ง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - สิงหาคม เก็บข้อมูลทุกปีตั้งแต่ปี 2562 – 2563

ดังนั้น ใช้มันฝรั่งเพื่อการผลิตทั้งหมด 11,447,105 กิโลกรัม บันทึกสิ่งแปลกปลอมที่พบทั้งหมดรวม 1,026 ครั้ง พบที่เครื่องเอ็กซ์เรย์รวม 761 ครั้ง

$$\text{DPMO} = \frac{(1,026 \times 1,000,000)}{\left(\frac{11,447,105}{11,447,105}\right) \times 11,447,105}$$

$$\text{DPMO} = 89.60$$

โดย พบสิ่งแปลกปลอมที่เครื่องเอ็กซ์เรย์รวม 761 ครั้ง

$$\text{ดังนั้น} = \frac{(761 \times 1,000,000)}{\left(\frac{11,447,105}{11,447,105}\right) \times 11,447,105}$$

$$\text{DPMO} = 66.50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จำนวนครั้งข้อร้องเรียนที่พบต่อ 1 ล้านครั้งมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบสำเร็จรูป

โดยข้อมูลบันทึกข้อร้องเรียนผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค จำนวน 83 เรื่อง ในช่วงระหว่างเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2563 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 จากจำนวนผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดกรอบ รวม 596,718,784 ซอง

$$\text{ดังนั้น} = \left(\frac{(83 \times 1,000,000)}{\left(\frac{596,718,784}{596,718,784}\right) \times 596,718,784} \right)$$

$$\text{DPMO} = 0.16$$

Six Sigma Calculator

A. All values required to calculate Sigma level

Defect:	1026
Unit:	11,447,105
Opportunities per Unit:	1

Enter values in Gray cells only

DPMO:	89.60
Sigma Level:	3.9

B. Sigma calculated based on defects and number of opportunities

Defect	1026	DPMO	89.60
Number of Opportunities	11,447,105	Sigma Level:	3.9

C. Enter only the known Defects Per Million Opportunities

Enter DPMO	1026	Sigma Level:	3.9
------------	------	--------------	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Six Sigma Calculator

A. All values required to calculate Sigma level

Defect:	83
Unit:	596,718,784
Opportunities per Unit:	1

Enter values in Gray cells only

DPMO:	0.14
Sigma Level:	1.6

B. Sigma calculated based on defects and number of opportunities

Defect	83	DPMO	0.14
Number of Opportunities	596,718,784	Sigma Level:	1.6

C. Enter only the known Defects Per Million Opportunities

Enter DPMO	83	Sigma Level:	1.6
------------	----	--------------	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

วิธีการสุ่มตัวอย่างมันฝรั่ง ในขั้นตอนการรับมันฝรั่ง

จ.1 ขั้นตอนการตรวจรับมันฝรั่งและการสุ่มตัวอย่างมันฝรั่ง

1. เมื่อมันฝรั่งจากหน้าไร่มาทำการรับซื้อที่สถานีรับซื้อขนส่งมาส่งยังห้องเย็นมีเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพตรวจรับมันฝรั่ง

จ.2 การตรวจรับโดยเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ

การสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งตรวจ จะสุ่มเก็บตัวอย่างมันฝรั่งจากรถบรรทุกหรือตู้คอนเทนเนอร์ ช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงท้ายในขณะที่มันฝรั่งถูกลำเลียงผ่านสายพานเพื่อตรวจคัดแยกตำหนิและสิ่งแปลกปลอมก่อนจัดเก็บที่ห้องเย็นจัดเก็บ ดังนี้

1. ตรวจรับมันฝรั่งโดยตรวจหามีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ไม่ต่ำกว่า 1.070 โดยชั่งมันฝรั่งในอากาศให้ได้ 5 กิโลกรัม จากนั้นนำไปชั่งในน้ำด้วยเครื่องชั่งแขวนเพื่อหาน้ำหนักมันฝรั่งในน้ำนำมาคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะ โดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักมันฝรั่งในอากาศ}}{\text{น้ำหนักมันฝรั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักมันฝรั่งในน้ำ}}$$

หรือใช้วิธีอื่นที่สามารถเทียบเคียงได้ เช่น วิธีหาค่า gross solid หรือ total solid

3. ตรวจรับมันฝรั่งโดยการตรวจคุณลักษณะทางกายภาพ ต้องเป็นมันฝรั่งทั้งหัว ตรงตามสายพันธุ์ เป็นมันฝรั่งสด เนื้อแน่น ไม่มีการงอกของตา ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรงที่มีผลต่อการนำไปแปรรูป ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ มันฝรั่งไม่เสื่อมคุณภาพหรือไม่เน่าเสียที่ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะของมันฝรั่ง ไม่มีความเสียหายเนื่องมาจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมันฝรั่ง ไม่มีความชื้นที่ผิดปกติที่ผิวมันฝรั่ง โดยไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดหลังจากนำมันฝรั่งออกจากห้องเย็น ไม่มีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และ/หรืออุณหภูมิสูง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปลอมจากการตรวจสอบด้วยสายตา (มาตรฐานสินค้าเกษตรมันฝรั่งสำหรับการแปรรูป, 2561

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวนัฐกาญจน์ ฉายแผ้ว
วัน เดือน ปี เกิด	29 สิงหาคม 2532
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 23 ซอยพัฒนาการ 65 หมู่บ้านเมืองทองการ์เดน เขต ประเวศ แขวงประเวศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10250
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2555 จบการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง - พ.ศ. 2558 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะ อุตสาหกรรมอาหาร สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	- พ.ศ. 2556 – 2557 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ หน่วยงาน ควบคุมบริษัท ซูพีเรีย ควอลิตี้ ฟู้ด จำกัด จังหวัดกรุงเทพมหานคร - พ.ศ. 2557 – 2560 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่อาวุโสประกันคุณภาพ หน่วยงานประกันคุณภาพ บริษัท ซูกิชิ อินเตอร์ กรุ๊ป จำกัด - พ.ศ. 2560 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง หัวหน้างานควบคุมคุณภาพ หน่วยงานบริหารและจัดการมันฝรั่ง แผนกห้องเย็น บริษัท เป๊ปซี่-โคล่า (ประเทศไทย) เทรดิง จำกัด นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัด พระนครศรีอยุธยา
การนำเสนอผลงาน	นัฐกาญจน์ ฉายแผ้ว, อพัชชา จินดาประเสริฐ และอดิสร เสวตวิวัฒน์ .2563. การประเมินอันตรายทางกายภาพของกระบวนการผลิตมัน ฝรั่งแผ่นทอดกรอบ. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ. ครั้งที่ 10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้