



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์

Evaluation of Sampling Method for Drugs Residue Control in Shrimp Products

نامผู้วิจัย นางสาวพัชราพรรณ คชรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ไวยราษฎร์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรารณา ปรารณาคี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์

Evaluation of Sampling Method for Drugs Residue
Control in Shrimp Products

โดย

นางสาวพัชราพรรณ กษรรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชราพรรณ คชรรัตน์ 2556: การประเมินวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากึ่งเพื่อการตรวจสอบ
สารตกค้างจากยาสัตว์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ชุติมา ไวศรายุทธ์, Ph.D. 141 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาระบบการควบคุมมาตรฐานกระบวนการผลิตกุ้งขาว
แวนนาไมตลอดโซ่อุปทาน แสดงวิธีประเมินความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากึ่งเพื่อรับรอง
การปลอดยาสัตว์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดหนึ่งในการค้าระหว่างประเทศ และเป็นแนวทางพัฒนาวิธีการ
เก็บตัวอย่างที่เหมาะสม หมายถึงการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของรุ่นสำหรับใช้วิเคราะห์
และตัดสินคุณภาพรุ่นสินค้า โดยค่าความไม่แน่นอนรวมของกระบวนการวัด ซึ่งเกิดจากค่าความไม่
แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ โดยองค์ประกอบหลักของค่าความไม่แน่นอนรวม
ของการวัดคือ ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง สามารถประเมินความใช้ได้ของวิธีการเก็บ
ตัวอย่างจากค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างร่วมกับระดับคุณภาพของสินค้า และเทียบกับ
เกณฑ์ควบคุม โดยประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยงและ
ใช้ยา Oxytetracycline ที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง ซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างที่ระยะหยุดยา 1, 4, 8, 11
และ 15 วัน ให้สอดคล้องกับระยะหยุดยาคควบคุมอย่างน้อย 21 วันก่อนการจับกุ้ง โดยเก็บกุ้งรอบบ่อ
เพาะเลี้ยงจำนวน 8 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 2 ตัวอย่าง และวัดค่า Oxytetracycline ในตัวอย่าง วาง
แผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความไม่
แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง คือ ตำแหน่งสินค้า (Space) และประมาณค่าความไม่แน่นอนจากค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ด้วยค่าสถิติพิสัย (Statistic Range) ตามแนวทางการ
ประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง พบค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่าง
สูงสุดประมาณร้อยละ 50.66 ของค่าเฉลี่ยระดับยา ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยยาสัตว์ตกค้างในกุ้งอายุ 3
เดือนที่ระยะหยุดยา 4 วันคือ 0.0088 ppm อย่างไรก็ตามระดับค่าเฉลี่ยของปริมาณยาที่วัดได้ต่ำกว่า
เกณฑ์ควบคุมมาก ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างร่วมกับระดับค่าเฉลี่ย
ของยา Oxytetracycline เทียบกับเกณฑ์ควบคุม วิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการ
ใช้งาน (Fit of Use) ได้นำเสนอรูปแบบบันทึกวิธีการเก็บตัวอย่างที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อ
การปรับใช้และพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Pacharapan Kotcharat 2013: Evaluation of Sampling Method for Drugs Residue Control in Shrimp Products. Master of Science (Agro-Industrial Technology Management), Major Field: Agro-Industrial Technology Management, Department of Agro-Industrial Technology. Thesis Advisor: Assistant Professor Chutima Waisarayutt, Ph.D. 141 pages.

The objectives of this research are to study the national control system of shrimp production supply chain and to do control system validation using sampling method for drug residue control in shrimp production. Such activity the requirements for international trade. The validation of sampling procedure is accessed from the estimation value of measurement uncertainty, this arising from the uncertainty obtaining from sampling and analysis procedure. Commonly, sampling contributed to the value of measurement uncertainty. This research has estimated the shrimp samples uncertainty, using the Oxytetracycline residues in samples as an assessing parameter. Shrimp is sampled after withdrawal periods of 1, 4, 8, 11, 15 days, according with the control withdrawal period at least 21 days before, shrimp harvesting. We collected two samples of shrimp in 8 positions in a pond. Then, measure the Oxytetracycline residue in the samples. The experimental design was Two - Split Level Replicate Design. The uncertainty value is estimate from standard deviation derive from the statistic range. The result found sampling uncertainty was approximately 50.66% of 0.0088 ppm. However, the average Oxytetracycline found in shrimp sample is very low compared to the enforcement limit. Therefore, considering the value of sampling uncertainty with average Oxytetracycline comparing to enforcement limit, the sampling method was fit of use. This research also suggested for the benefit of the deployment and the sampling methods to be in the same format

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ไวศรายุทธ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยดังกล่าว แนะนำประเด็นสำคัญต่าง ๆ การแก้ไขส่วนที่บกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้ประสบการณ์และข้อคิดต่างๆในดำเนินงาน และดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วิพิมพ์ ฉวีสุข ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์วลัยลักษณ์ อัคริรวงศ์ กรรมการสอบ ที่ช่วยให้พิจารณาและให้คำแนะนำในการแก้ไขส่วนบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรที่อบรมสั่งสอนในทุก ๆ เรื่อง รวมถึงสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการจัดทำโครงการวิจัยการกำหนดขนาดตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์และหน่วยงานสังกัดกรมประมงที่เกี่ยวข้องคือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดสมุทรสงครามที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์และการเก็บตัวอย่าง ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสำเร็จในงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณแม่พุ่ม - คุณแม่สุคนธ์ ละครรัตน์ ที่ดูแลอบรมสั่งสอน และน้องสาว ตลอดจนญาติ ๆ ทุกท่านที่อยู่เคียงข้างให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้โอกาสทางการศึกษามาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนสำหรับมิตรภาพที่ดีและความมีน้ำใจที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ สุดท้ายประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา

พัชราพรรณ ละครรัตน์

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	75
อุปกรณ์	75
วิธีการ	76
ผลและวิจารณ์	85
สรุปและข้อเสนอแนะ	109
สรุป	109
ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	112
ภาคผนวก	117
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง อายุ 2 เดือนและการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง	118
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง อายุ 3 เดือนและการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง	125
ภาคผนวก ค การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองผลวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้าง ในตัวอย่างกุ้งพิจารณาจากตำแหน่งตัวอย่าง 8 ตำแหน่ง	134
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เนื้อที่เพาะเลี้ยง และผลผลิต กุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยปีพ.ศ. 2553	9
2	การกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เพื่อให้สามารถตรวจพบสินค้าไม่ผ่านมาตรฐานอย่างน้อย 1 ชิ้น จากรุ่นสินค้าที่ทราบระดับคุณภาพหรือสัดส่วนสินค้าที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	35
3	โอกาสของการตรวจไม่พบสินค้าตกมาตรฐานในตัวอย่างขนาดตามกำหนด	37
4	ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง ของค่าความเป็นกรดเฉลี่ยในผลไม้รวมบรรจุกระป๋องจำนวน 10 ตำแหน่งสินค้า (Validation in Space) ในรุ่น	67
5	สรุปชนิดสัตว์น้ำและยาสัตว์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	78
6	ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง	82
7	เปรียบเทียบระบบการควบคุมมาตรฐานตลอดโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย และข้อกำหนดการประกันความปลอดภัยในสินค้าตามมาตรฐานโคเด็กซ์	96
8	ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1, 11 และ 15 วัน	99
9	ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1, 4, 8 และ 11 วัน	100
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ของกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน	103
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ของกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1, 11 และ 15 วัน ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replicate Design	119
ก2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน	121
ก3 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 11 และ 15 วัน	123
ข1 ผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1, 4, 8 และ 11 วัน ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replicate Design	126
ข2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน	128
ข3 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 4 วัน	130
ข4 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 8 และ 11 วัน	132

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สัดส่วนผลผลิตกุ้งของโลกปีพ.ศ. 2554	6
2	ขนาดพื้นที่เพาะเลี้ยง และปริมาณผลผลิตปี พ.ศ. 2549 - 2553	7
3	พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย	8
4	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกกุ้งขาวแวนนาไมรวมปีพ.ศ. 2550 - 2554	10
5	ตัวอย่างแบบบันทึกสรุปการเลี้ยงกุ้งขาว	16
6	ระบบควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปลุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหาร	23
7	ระบบการวัดในรูปของกระบวนการ	43
8	บทบาทของระบบการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและสินค้า	44
9	ความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนและขั้นตอนการตัดสินใจ	47
10	แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Procedure)	56
11	แผนผังก้างปลา (Fish - Bone Diagram) แสดงแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง	58
12	หลักการออกแบบทดลองซ้ำ	61
13	แผนภาพการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง กรณีศึกษา Validation in Space	62
14	การผสมยาในอาหารกุ้ง	77
15	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างในบ่อเพาะเลี้ยงจำนวน 8 ตำแหน่ง	79
16	แผนการเก็บตัวอย่างสำหรับกุ้งอายุ 2 เดือน และ 3 เดือน	80
17	การเตรียมตัวอย่างกุ้งเพื่อส่งห้องปฏิบัติการ	80
18	ระบบควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปลุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหาร	86
19	การควบคุมทะเบียนและมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทาน	91
20	ตัวอย่างแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพสินค้า: กุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยง	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

ค1	กราฟ Normal Probability Plot ของค่า Residuals	136
ค2	กราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับเวลาที่เก็บตัวอย่าง	137
ค3	กราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values	137
ค4	กราฟ Normal Probability Plot ของค่า Residuals	138
ค5	กราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับเวลาที่เก็บตัวอย่าง	139
ค6	กราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values	139
ค7	ผลการวิเคราะห์ The Krushkal – Wallis Test	140

การประเมินวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์

Evaluation of Sampling Method for Drugs Residue Control in Shrimp Products

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้นำและมีความสามารถในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมได้ในปริมาณสูง โดยพบว่าในปีพ.ศ. 2552 - 2553 มีปริมาณผลผลิตประมาณ 576,000 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2549 - 2551 ซึ่งมีปริมาณผลผลิตประมาณ 450,000 ตัน (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ประเทศไทยส่งออกกุ้งขาวแวนนาไมในหลายรูปแบบทั้งสภาพสด แช่เย็น แช่เยือกแข็ง และแปรรูป ซึ่งกุ้งเป็นสินค้าประมงที่มีมูลค่าการส่งออกในสัดส่วนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70.54 ของสินค้าประมงทั้งหมด (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2555) และปริมาณการส่งออกกุ้งของไทยคิดเป็นร้อยละ 23 ของการส่งออกกุ้งทั่วโลก โดยมีตลาดส่งออกหลัก คือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป (ถนอมจิตร, 2554)

ตลาดส่งออกสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมมีการควบคุมมาตรฐานในการนำเข้าสินค้าด้านความปลอดภัยของสินค้าจากสารเคมีและยาสัตว์ตกค้างอย่างเข้มงวด โดยมีการควบคุมปริมาณการตกค้างไม่ให้เกินค่าที่กำหนดเพื่อควบคุมมาตรฐานของสินค้า ป้องกันด้านอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภค (ฝ่ายบริการข้อมูลและสารสนเทศ สถาบันอาหาร, 2546) ซึ่งการตรวจสอบระบบสุขอนามัยในผลผลิตกุ้งก่อนการจับเพื่อจำหน่ายและส่งออก เป็นหนึ่งในข้อกำหนดของการค้าระหว่างประเทศ ดังนั้นประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ส่งออกสินค้ากุ้ง จึงให้ความสำคัญกับการดูแลมาตรฐานความปลอดภัยตลอดโซ่อุปทานการผลิต ส่งเสริมให้เกษตรกรมีการผลิตภายใต้หลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Aquaculture Practice: GAP) โดยควบคุมตั้งแต่การผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มเพาะเลี้ยง รวมถึงให้ความสำคัญในการตรวจสอบระบบสุขอนามัยในผลผลิตกุ้งก่อนการจับเพื่อจำหน่ายและส่งออก เพื่อรับรองการปลอดสารเคมีในผลผลิตกุ้ง ซึ่งเป็นข้อกำหนดหนึ่งในการค้าระหว่างประเทศ และสอดคล้องกับหลักการข้อกำหนดของคณะกรรมการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex) โดยให้ความสำคัญในการบริหารจัดการความปลอดภัยก่อนขึ้นตอนการ

จับหรือเก็บเกี่ยว (Pre – Harvest) นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการทวนสอบ (Verification) เป็นสิ่งที่ต้องทำเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของการควบคุมการใช้ยาศัตรูตลอดกระบวนการผลิต โดยมีการสุ่มตัวอย่างสินค้าตัวน้ำเพื่อการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง โดยกระบวนการเก็บตัวอย่างถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากสามารถบ่งชี้ถึงความน่าเชื่อถือจากการตรวจวิเคราะห์และสามารถประเมินได้ว่าสินค้าตัวน้ำปลอดจากสารเคมีและยาศัตรูตกค้างหรือไม่

การเก็บตัวอย่างสินค้า มีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าและนำไปสู่การตัดสินใจระดับคุณภาพของรุ่นสินค้าที่น่าเชื่อถือ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของพารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบภายในรุ่นสินค้า โดยการระบุถึงวิธีการปฏิบัติเพื่อเก็บตัวอย่างตัวน้ำให้มีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงสถานการณ์การผลิตสินค้า และระดับมาตรฐานของสินค้าทั้งในด้านคุณภาพและความปลอดภัยของสินค้า มีการบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Fit of Use) โดยทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Validation) ด้วยการประมาณค่าความไม่แน่นอนรวมจากกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty) ซึ่งการรายงานผลที่ระบุถึงค่าความไม่แน่นอนส่งผลต่อการยอมรับคุณภาพสินค้า และบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของกระบวนการเก็บตัวอย่าง โดยพิจารณาค่าความไม่แน่นอนรวมของกระบวนการวัดร่วมกับปัจจัยมาตรฐานของสินค้า และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ควบคุม (Enforcement Limit) ของปัจจัยในสินค้าที่ตรวจสอบ

ค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) มีองค์ประกอบหลักจาก ความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) และความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) โดยความไม่แน่นอนจากกระบวนการวิเคราะห์เกิดจากความคลาดเคลื่อนของวิธีการวิเคราะห์ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ใช้ รวมถึงความคลาดเคลื่อนจากตัวบุคคลที่มีหน้าที่ในการวิเคราะห์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2548) ซึ่งห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีการนำมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025: 2005 มาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ ซึ่งมีการควบคุมความไม่แน่นอนที่เกิดจากกระบวนการวิเคราะห์ได้ จึงส่งผลให้มีผลกระทบต่อความไม่แน่นอนรวมของการวัดน้อย ส่วนค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างเกิดจากการเตรียมตัวอย่าง การเก็บรักษา และการขนส่งตัวอย่าง รวมถึงลักษณะทางธรรมชาติของตัวอย่าง (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) ซึ่งยังไม่มีระบบควบคุมและประกันคุณภาพวิธีการเก็บตัวอย่าง จึงทำให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการชักตัวอย่างเป็นแหล่งที่มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดมาก

เนื่องจากองค์ประกอบของค่าความไม่แน่นอนรวมของกระบวนการวัด ส่วนใหญ่เกิดจากค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (อัจฉรา, 2543; Jarvis *et al.*, 2012) งานวิจัยนี้จึงมีการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการควบคุมมาตรฐานและระบบจัดการยาสัตว์ตกค้างในโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยเพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องกับข้อกำหนดของคณะกรรมการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex) ศึกษาการประเมินวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมเพื่อการรับรองการปลอดยาสัตว์ ด้วยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งใช้สินค้ากุ้งขาวแวนนาไม และยา Oxytetracycline เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นยาที่อนุญาตให้ใช้สำหรับสัตว์น้ำ และออกฤทธิ์ในวงกว้างต่อจุลชีพหลายชนิด (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2551) มีการประเมินความสม่ำเสมอของปริมาณยาสัตว์ตกค้างในสินค้ากุ้ง โดยวางแผนเก็บตัวอย่างแบบ Two - Split Level Replication Design ซึ่งกำหนดให้เก็บตัวอย่างซ้ำในแต่ละตำแหน่งเป้าหมายอย่างน้อย 8 ตำแหน่ง และการวิเคราะห์ค่าซ้ำในแต่ละตัวอย่าง เพื่อใช้ประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ด้วยการคำนวณโดยใช้หลักสถิติพิสัย (Statistic Range) จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเหมาะสม (Fit of Use) ของวิธีการเก็บตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง โดยข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปสถานการณ์การผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งใช้ประกอบการจัดทำตารางการเก็บตัวอย่างสินค้า เพื่อเป็นมาตรฐานการเก็บตัวอย่างในเอกสารแนวทางการออกแบบและการปฏิบัติในการประกันความปลอดภัยอาหารของประเทศเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในสัตว์เพื่อการบริโภค (CAC/GL 71 - 2009) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการตรวจควบคุมยาสัตว์ตกค้างอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการควบคุมมาตรฐานและรับรองกระบวนการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทานของประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบกับข้อแนะนำตามแนวทางการออกแบบและการปฏิบัติในการประกันความปลอดภัยอาหารของประเทศเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในสัตว์เพื่อการบริโภค (CAC/GL 71 - 2009) ของคณะกรรมการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex)

2. ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการตกค้างจากยาสัตว์ในบ่อเพาะเลี้ยง เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมยาสัตว์ตกค้างในการเพาะเลี้ยง

3. สรุปแบบบันทึกสำหรับเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อตรวจควบคุมปริมาณยาสัตว์ตกค้างภายใต้การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และมีความสอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตสินค้า

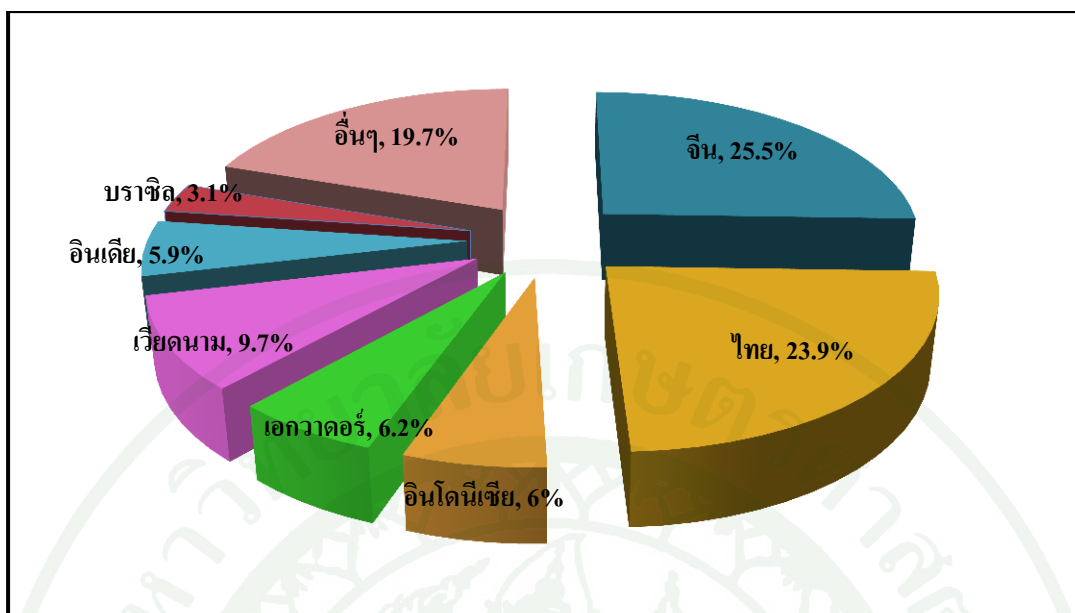
การตรวจเอกสาร

การกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง และขนาดตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อการตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างที่เหมาะสม ต้องทราบถึงสถานการณ์การผลิตสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย และอาศัยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง และสามารถนำมาปรับใช้กับสถานการณ์การผลิตสินค้า โดยเลือกสินค้าสัตว์น้ำเพื่อเป็นกรณีศึกษา คือ สินค้ากุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งมีแนวคิดและหลักการที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

การควบคุมมาตรฐานกระบวนการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม

1. สถานการณ์การผลิตและส่งออกกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย

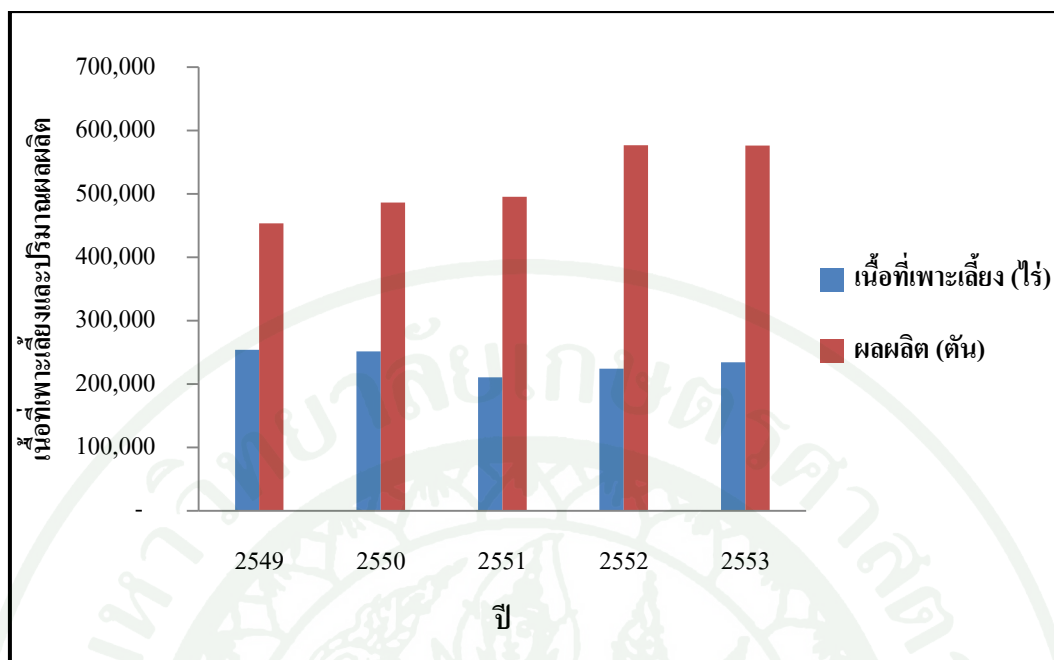
ปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก จึงส่งผลให้ความต้องการในการบริโภคอาหารเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอาหารประเภทสินค้าปศุสัตว์ รวมถึงสินค้าประมงทั้งประเภทสดและแปรรูป ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตสินค้าประมงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยเฉพาะการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งเป็นสินค้าประมงที่มีสัดส่วนในการส่งออกสูงที่สุด และเกษตรกรนิยมผลิตกันอย่างแพร่หลาย มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการผลิต รวมถึงการมีระบบการเพาะเลี้ยงที่มีมาตรฐาน เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยในปีพ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตคิดเป็นร้อยละ 23.9 ของผลผลิตโลก ซึ่งเป็นอันดับสองรองจากจีนแสดงศักยภาพที่ 1 โดยผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งหมดใช้เพื่อการส่งออก และอีกร้อยละ 10 ใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศ (ถนนจิตร, 2555) ซึ่งปริมาณการบริโภคภายในประเทศประมาณ 80,000 ตัน



ภาพที่ 1 สัดส่วนผลผลิตกึ่งของโลกปีพ.ศ. 2554

ที่มา: อนุมจิตร (2555)

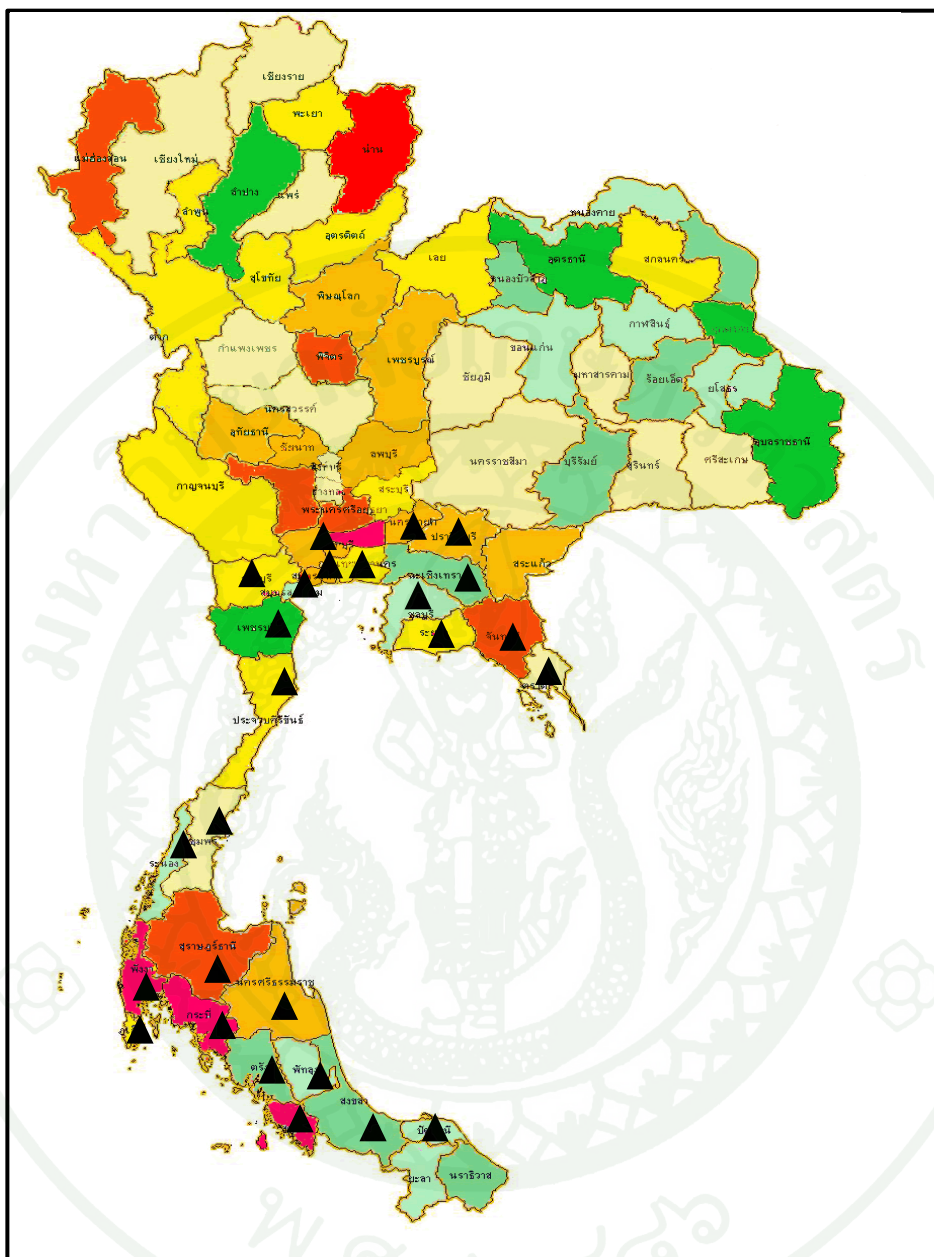
จากข้อมูลพื้นฐานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในแง่ของการผลิตซึ่งแสดงดังภาพที่ 2 พบว่าในปีพ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีจำนวนคร่าวเรือนที่เลี้ยงกึ่งทั้งหมด 25,000 คร่าวเรือน โดยมีเนื้อที่เพาะเลี้ยงทั้งสิ้น 239,238 ไร่ มีปริมาณผลผลิตทั้งหมด 582,446 ตัน โดยมีเนื้อที่เพาะเลี้ยงกึ่งชาวแวนนาไมเป็น 233,916 และปริมาณผลผลิตกึ่งชาวแวนนาไมเป็น 576,176 ตัน (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) จากผลการสำรวจทางสถิติด้านเนื้อที่และปริมาณผลผลิตพบว่า เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยงกึ่งชาวแวนนาไมในปริมาณมากกว่ากึ่งกุลาคำ และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณผลผลิตยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปีพ.ศ. 2552 - 2553 มีปริมาณผลผลิตประมาณ 576,000 ตัน เพิ่มจากปีพ.ศ. 2549 - 2551 ซึ่งมีปริมาณผลผลิตประมาณ 450,000 ตัน ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเพาะเลี้ยงและพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงให้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 2 ขนาดพื้นที่เพาะเลี้ยง และปริมาณผลผลิตปี พ.ศ. 2549 - 2553

ที่มา: สำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

ประเทศไทยมีแหล่งเพาะเลี้ยงกึ่งที่สำคัญอยู่บริเวณภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคกลางตอนใต้ และภาคตะวันตกของประเทศ จากข้อมูลปริมาณผลผลิตตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 - 2553 ปัจจุบันพื้นที่เพาะเลี้ยงกึ่งวนนาไม่แสดงดังภาพที่ 3 โดยแหล่งผลิตที่มีเนื้อที่เพาะเลี้ยง และปริมาณผลผลิตสูงที่สุดต่อปีคือ บริเวณภาคใต้ของประเทศ รองลงมาคือ ภาคตะวันออกแสดงดังตารางที่ 1 (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)



ภาพที่ 3 พื้นที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย

หมายเหตุ: ▲ ตำแหน่งที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ที่มา: สำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

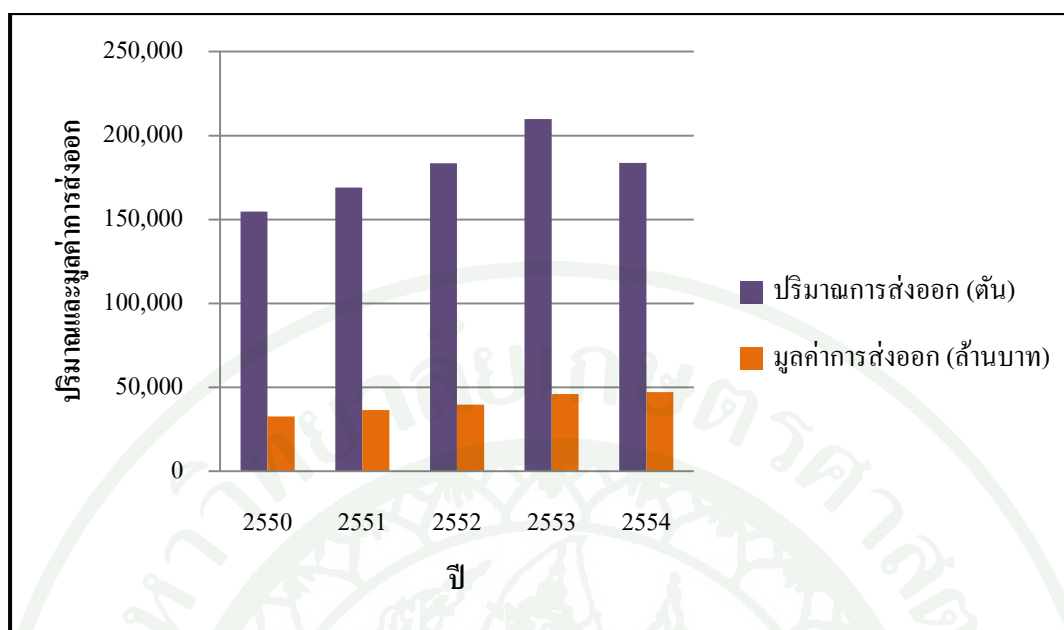
ตารางที่ 1 เนื้อที่เพาะเลี้ยง และผลผลิต กุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยปีพ.ศ. 2553

ภูมิภาค	เนื้อที่เพาะเลี้ยง (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
ภาคตะวันออก	78,534	176,826
ภาคใต้	140,350	364,237
ภาคกลาง	16,156	24,618
ภาคตะวันตก	10,345	18,257
รวม	245,385	583,938

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

สำหรับสถานการณ์การส่งออกกุ้งของไทย พบว่ากุ้งเป็นสินค้าประมงที่มีมูลค่าการส่งออกในสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งไทยสามารถครองอันดับหนึ่งในการส่งออกได้นานกว่า 15 ปี โดยปริมาณการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 23 ของการส่งออกกุ้งทั่วโลก (ถนอมจิตร, 2554) ประกอบในปีที่ผ่านมาสถานการณ์การผลิตกุ้งของประเทศผู้ผลิตกุ้งที่สำคัญคือ อินโดนีเซีย เวียดนาม และจีน ประสบปัญหาภัยธรรมชาติ สภาพอากาศแปรปรวน ซึ่งส่งผลให้การส่งออกกุ้งของประเทศไทยขยายตัวเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะคงประสบปัญหาในเรื่องการกีดกันทางการค้า หรือเรื่องมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร

ประเทศไทยมีการส่งออกกุ้งในหลายรูปแบบทั้งสภาพสด แช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูป ได้แก่ กุ้งชุบแป้งทอด กุ้งกึ่ง กุ้งเสียบไม้ กุ้งชุบเกล็ดขนมปัง เป็นต้น โดยปริมาณการส่งออกในปี พ.ศ. 2549 - 2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ว่าในปีพ.ศ. 2554 มีปริมาณการส่งออกลดลง แต่มีมูลค่าการส่งออก 47,215.04 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2553 ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 46,024.53 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) แสดงดังภาพที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากราคาการส่งออกกุ้งยังคงอยู่ในระดับสูง จึงเป็นแรงจูงใจให้มีการเลี้ยงกุ้งเพิ่มมากขึ้น รวมถึงศักยภาพการผลิตในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของระดับสากล รวมทั้งมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์และยังสามารถตรวจสอบย้อนกลับของกระบวนการผลิตได้ (ถนอมจิตร, 2554) จึงส่งผลให้ปริมาณและมูลค่าการส่งออกของไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกกล้วยชาวเวเนนาไมรวมปีพ.ศ. 2550 - 2554

ที่มา: สำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

2. ข้อกำหนดสำหรับการเลี้ยงกุ้งตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP)

กรมประมงได้กำหนดหลักการเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยวิธีการปฏิบัติที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) เพื่อยกระดับการเลี้ยงกุ้งให้มีมาตรฐานที่ผู้บริโภคเชื่อมั่น และใช้เป็นกลยุทธ์ในการพัฒนาสินค้าเพื่อการส่งออกและสร้างรายได้สำหรับเกษตรกร ดังนั้นเจ้าหน้าที่กรมประมงซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ต้องมีความเข้าใจถึงองค์ความรู้ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวให้ประสบความสำเร็จ เพื่อสามารถถ่ายทอดข้อมูลที่ถูกต้องให้แก่เกษตรกร และให้เกษตรกรเกิดความเชื่อมั่นในการถ่ายทอดข้อมูลการพัฒนาและแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งตามระบบ GAP โดยเกษตรกรควรมีองค์ความรู้สำหรับการเลี้ยงตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ที่กรมประมงได้กำหนดข้อปฏิบัติ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 คำแนะนำทั่วไปสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

เกษตรกรควรมีความรู้ และประสบการณ์ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยสามารถเข้าใจถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างการเพาะเลี้ยง มีสาเหตุและวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างไร ซึ่งความรู้ดังกล่าว เกษตรกรอาจได้จากการฝึกอบรมหลักการเลี้ยงกุ้งขาวที่ถูกต้อง การสัมมนาวิชาการ การดูงานหรือฝึกงาน เพื่อให้เกษตรกรสามารถดำเนินธุรกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการได้มาซึ่งผลผลิตที่มีคุณภาพดี ทั้งนี้เกษตรกรต้องขึ้นทะเบียนผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตามข้อกำหนดของกรมประมง ทั้งนี้เพื่อให้มีหลักฐานทางราชการเกี่ยวกับรายละเอียดของเกษตรกร และเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการติดต่อขอรับบริการที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงกุ้งจากหน่วยงานราชการต่าง ๆ นอกจากนี้ฐานข้อมูลดังกล่าวของเกษตรกรยังเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพัฒนาการเลี้ยงกุ้งให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น

เกษตรกรต้องมีเอกสารที่มีความจำเป็นต่อการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งเป็นเอกสารที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งในแต่ละรอบของการผลิต เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการยืนยันแหล่งผลิต และการตรวจสอบย้อนกลับของระบบอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยง โดยเอกสารดังกล่าวมี 2 ฉบับคือ เอกสารกำกับการจำหน่ายลูกพันธุ์สัตว์น้ำ (Fry Movement Document: FMD) เป็นเอกสารที่กรมประมงออกให้กับเจ้าของโรงเพาะฟัก เพื่อมอบให้เกษตรกรเมื่อมีการซื้อขายลูกพันธุ์สัตว์น้ำ โดยแสดงรายละเอียดแหล่งที่มาและปริมาณของลูกพันธุ์ที่เกษตรกรนำมาเลี้ยง และเอกสารกำกับการจำหน่ายสัตว์น้ำ (Movement Document: MD) เป็นเอกสารที่กรมประมงออกให้เกษตรกรเพื่อมอบให้กับผู้ประกอบการเมื่อมีการซื้อขายกุ้ง แสดงรายละเอียดว่าผลผลิตกุ้งถูกขายส่งไปยังที่ใดบ้าง โดยการขอรับเอกสาร MD นั้น เกษตรกรต้องนำเอกสาร FMD ไปแสดงต่อเจ้าหน้าที่ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบและออกเอกสาร MD ให้เกษตรกรใช้ประกอบการขายผลผลิตกุ้ง

2.2 สถานที่สำหรับเพาะเลี้ยงกุ้ง

การเลือกสถานที่ในการเพาะเลี้ยงมีผลโดยตรงต่อการผลิตกุ้ง พื้นที่เพาะเลี้ยงต้องมีความถูกต้องและเหมาะสมทางกฎหมาย ทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงความเหมาะสมทางวิชาการ โดยพื้นที่นั้นต้องไม่เป็นพื้นที่ห้ามเลี้ยงตามที่กฎหมายกำหนดขึ้น และไม่อยู่ในเขตอนุรักษ์ป่าชายเลน เพื่อให้สามารถเพาะเลี้ยงกุ้งได้อย่างต่อเนื่องหลังจากการตัดสินใจลงทุนเลี้ยง และพื้นที่ดังกล่าวต้องมีความเหมาะสมทางวิชาการ เพื่อให้สามารถจัดการการเลี้ยงได้ง่ายประกอบด้วย คุณภาพแหล่งน้ำ ซึ่งต้องมีความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสม ความเหมาะสมของดินซึ่งควรมีปริมาณดินเหนียวมากพอ

เพื่อให้สามารถอุ้มน้ำได้ดี และดินไม่มีสภาพเป็นกรด รวมถึงการพิจารณาถึงความสะดวกในการคมนาคมไฟฟ้าเข้าถึง เพื่อความสะดวกในการขนส่งปัจจัยการผลิต ซึ่งการเลือกสถานที่ในการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถควบคุมต้นทุนในการผลิตได้

2.3 การจัดการเลี้ยงทั่วไป

การจัดการการเลี้ยงกุ้ง เป็นขั้นตอนการวางแผนที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงกุ้งให้มีประสิทธิภาพ โดยการจัดการเพาะเลี้ยงที่มีความเหมาะสม การเลือกฤดูกาล และพื้นที่เพาะเลี้ยงที่มีความเหมาะสมนั้น ส่งผลให้เกิดปัญหาระหว่างการเพาะเลี้ยงน้อยที่สุด

2.3.1 การเตรียมบ่อและควบคุมสภาวะน้ำในบ่อเพาะเลี้ยง ควรคำนึงถึงเรื่องอุณหภูมิอากาศ แร่ธาตุต่าง ๆ และการเตรียมสภาวะชีวภาพภายในบ่อ เกษตรกรควรให้ความสำคัญกับการจัดการเลี้ยง และการควบคุมสภาพแวดล้อมในระหว่างเลี้ยงให้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีระบบการทำความสะอาดเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ต่าง ๆ และควบคุมไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการกำจัดพาหะและศัตรูของลูกกุ้งจำพวกปู หอย สาหร่ายพื้นบ่อ เป็นต้น การจัดการปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ระหว่างการเตรียมบ่อจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยลดความเสี่ยงในการเลี้ยงกุ้งล้มเหลวหรือได้ผลผลิตที่ไม่มีคุณภาพ โดยการกำจัดของเสีย การฟื้นฟูดินและการหมุนเวียนบ่อ มีการแนะนำให้ใช้จุลินทรีย์เข้ามาบำบัดมากขึ้น เพื่อการสร้างสมดุลให้กับธรรมชาติ

2.3.2 เกษตรกรต้องแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในฟาร์มเพาะเลี้ยงให้เหมาะสม มีความเป็นสัดส่วน เพื่อความสะดวกในการจัดการระหว่างการเพาะเลี้ยง การใช้สอยปัจจัยการผลิต และปฏิบัติงานของคนเลี้ยง ไม่ว่าจะเป็นบ่อเลี้ยง บ่อพักน้ำ โรงเรือนเก็บวัสดุใช้สอยและปัจจัยการผลิต บ้านพักคนงาน บ่อบำบัดน้ำทิ้ง เส้นทางคมนาคม รวมถึงพื้นที่สำหรับใช้สอยอื่น ๆ เพื่อให้พื้นที่ในฟาร์มเพาะเลี้ยงมีความเป็นสัดส่วน

2.3.3 การเลือกลูกกุ้งที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยง เกษตรกรต้องคัดเลือกลูกกุ้งที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ลูกกุ้งต้องปลอดเชื้อโรค และไม่ผ่านการใช้ยาปฏิชีวนะที่ต้องห้าม โดยควรเลือกสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดี รวมทั้งเกษตรกรต้องตรวจสอบข้อมูลในเอกสารกำกับการซื้อขาย (Fry Movement Document: FMD) ให้ถูกต้องตามข้อเท็จจริง เพื่อประโยชน์ของตัวเกษตรกรเอง เนื่องจากเอกสาร FMD เป็นหลักฐานสำคัญในการขอ

เอกสารประกอบการขายกุ้งต่อไป และยังเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับของระบบการเพาะเลี้ยง

2.3.4 การกำหนดความหนาแน่นของลูกกุ้งที่ปล่อยเลี้ยง เกษตรกรควรปล่อยกุ้งในความหนาแน่นที่สามารถจัดการได้ง่าย เนื่องจากการปล่อยลูกกุ้งที่มีความหนาแน่นสูง ทำให้กุ้งเกิดความเครียด และป่วยเป็นโรคได้ง่าย ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาระหว่างการเลี้ยงบ่อและเติบโตช้า ดังนั้นเพื่อให้สามารถจัดการด้านการเลี้ยงได้ง่าย ควบคุมการเป็นโรคในกุ้ง การเจริญเติบโตช้าจนส่งผลให้สูญเสียผลผลิตหรือผลผลิตไม่ได้คุณภาพ จึงต้องกำหนดความหนาแน่นในการเลี้ยง และระยะของลูกกุ้งที่จะปล่อยเลี้ยงให้มีความเหมาะสม รวมทั้งการใช้เครื่องเพิ่มออกซิเจนในการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยง เนื่องจากออกซิเจนมีความจำเป็นสำหรับการหายใจของกุ้งและสร้างการเจริญเติบโต ดังนั้นควรใช้เครื่องเพิ่มออกซิเจนต่อเนื่องตลอดเวลา และค่อย ๆ เพิ่มจำนวนเครื่องเพิ่มออกซิเจนที่ใช้ให้มากขึ้น

2.3.5 การขนส่งลูกกุ้ง เกษตรกรไม่ควรจับหรือขนส่งลูกกุ้งในช่วงลอกคราบ ต้องควบคุมอุณหภูมิในการขนส่งที่ประมาณ 22 องศาเซลเซียส ควรมีการปรับความเค็มของน้ำจากโรงเพาะฟักให้ใกล้เคียงกับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยง และก่อนจะปล่อยลูกกุ้งลงบ่อเลี้ยงควรมีการปรับสภาพของอุณหภูมิให้มีความใกล้เคียงกันก่อน แล้วจึงปล่อยลูกกุ้งลงบ่อ

2.4 การให้อาหารและการควบคุมสภาวะแวดล้อมระหว่างการเลี้ยง

2.4.1 การให้อาหาร เกษตรกรควรเลือกอาหารสำเร็จรูปที่มีมาตรฐาน ซึ่งผ่านการขึ้นทะเบียนการผลิตและผ่านการตรวจสอบจากกรมประมง เกษตรกรต้องให้อาหารกุ้งในปริมาณพอดีในช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากการให้อาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยการให้อาหารในปริมาณที่มากเกินไป ส่งผลให้อาหารเหลือในบ่อทำให้คุณภาพของน้ำและดินระหว่างการเลี้ยงเสื่อมโทรม กุ้งมีโอกาสติดเชื้อโรคได้สูง เกษตรกรจึงต้องมีการตรวจสอบการกินอาหารของกุ้งในแต่ละมื้อ โดยให้อาหารประมาณ 1 กรัมในช่อ สังเกตปริมาณอาหารคงเหลือในช่อ ถ้าอาหารในช่อเหลือมาก แสดงว่าการให้อาหารในมือนั้นมากเกินไปเกินความต้องการของกุ้ง เกษตรกรจึงต้องปรับลดปริมาณอาหารในมื้อต่อไป

2.4.2 การควบคุมสภาวะแวดล้อมในระหว่างเลี้ยง เกษตรกรต้องควบคุมสภาพน้ำและบ่อให้มีความเหมาะสม โดยบ่อต้องมีความลึกที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้หน้าดินขาดออกซิเจนได้ง่าย

และสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำได้ง่าย การควบคุมสภาวะออกซิเจนในบ่อให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณออกซิเจนจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล เกษตรกรต้องจัดการให้มีเครื่องเพิ่มออกซิเจนที่เหมาะสมและมีการวัดปริมาณออกซิเจนสม่ำเสมอ การควบคุมแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืชให้มีปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืชที่มากเกินไปส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างต่ำและมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณเกลือแร่ในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อสร้างเปลือกของกุ้งขาว การจัดการรักษาน้ำดินไม่ให้เน่าเสียเนื่องจากส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการถ่ายน้ำเลี้ยงเพื่อคุณภาพของบ่อเพาะเลี้ยงที่ดีขึ้น

2.5 การจัดการสุขภาพและแก้ปัญหาโรคกุ้ง

การเกิดโรคในกุ้งส่งผลให้อัตราของผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย โรคกุ้งมีสาเหตุจากเชื้อโรค สุขภาพกุ้งไม่แข็งแรง และสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไม่เหมาะสม เกษตรกรจึงควรเฝ้าระวังสุขภาพกุ้งเป็นประจำเพื่อสามารถจัดการและแก้ไขได้ทันทั่วทั้งฟาร์ม ในกรณีที่กุ้งมีอาการผิดปกติเกษตรกรควรหาสาเหตุเบื้องต้นของการผิดปกติจากข้อมูลที่เกษตรกรบันทึกระหว่างการเลี้ยง หากกุ้งมีอาการป่วยเกษตรกรควรตัดสินใจจับกุ้งหรือให้ยากุ้ง ควรจับกุ้งเมื่อกุ้งมีอัตราการกินอาหารต่ำ หรือมีการตายเกิดขึ้นเกษตรกร ส่วนการใช้ยาในการรักษาโรคกุ้งนั้น เกษตรกรต้องเลือกใชยาปฏิชีวนะที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้รักษาโรคในการเพาะเลี้ยงปลา มีการเลือกชนิดยาปริมาณ ระยะเวลาการใช้ยา และเว้นระยะการหยุดยาที่เหมาะสมก่อนจับจำหน่าย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกค้างของยาปฏิชีวนะในผลผลิต

2.6 สุขอนามัยฟาร์ม

สุขอนามัยฟาร์มมีความสำคัญในการเลี้ยง เนื่องจากผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งขาวมีการส่งออกเพิ่มขึ้น จึงต้องคำนึงถึงสุขอนามัยฟาร์มระหว่างการเลี้ยง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เกษตรกรจึงต้องควบคุมปัจจัยในการเพาะเลี้ยง ได้แก่ คุณภาพน้ำ การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้ถูกต้อง ความสะอาดของพื้นที่เพาะเลี้ยง สุขอนามัยของผู้เลี้ยง การกำจัดสิ่งปฏิกูลในการผลิต เพื่อป้องกันปัญหาการติดเชื้อหรือการแพร่ระบาดของโรคกุ้ง รวมถึงระบบสุขอนามัยด้านการใช้ยาและสารเคมี เนื่องจากเกิดปัญหายาปฏิชีวนะตกค้างในสินค้าสัตว์น้ำส่งออก จึงต้องควบคุมคุณภาพการผลิต การใช้ยาสัตว์ ตลอดจนการติดตามปัญหาสัตว์ตกค้างในผลผลิตก่อนการจำหน่าย

2.7 การเก็บเกี่ยวผลผลิตและการขนส่ง

การเก็บเกี่ยวผลผลิตและการขนส่งเป็นกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย โดยเกษตรกรต้องให้ความสำคัญกับการจับกุ้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี โดยเมื่อกุ้งมีอายุได้ประมาณ 3 ถึง 3.5 เดือนเกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างกุ้งเพื่อตรวจสอบสารตกค้างก่อนการจับจำหน่าย ตามที่มาตรฐาน GAP กำหนด เกษตรกรต้องวางแผนการจับให้เร็วที่สุด และวิธีการที่ใช้จะต้องไม่ทำให้กุ้งเสียคุณภาพ หรือเกิดการปนเปื้อน เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ และรักษาความสดของกุ้งอยู่ได้จนถึงตลาดกลางหรือโรงงานแปรรูป รวมถึงให้ความสำคัญกับการขนส่งผลผลิตกุ้งสู่โรงงานแปรรูปหรือตลาดกลาง ต้องอยู่ในสภาพเย็น และขนส่งให้เร็วที่สุด โดยคำนึงถึงความสะดวก ถูกสุขอนามัย รวมถึงรักษาคุณภาพและความสดของกุ้งให้มากที่สุด

2.8 การทำเอกสารบันทึกข้อมูล

การจดบันทึกข้อมูลในการเพาะเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร มีความสำคัญต่อการจัดการระหว่างการผลิต โดยเกษตรกรสามารถทราบถึงกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนว่าเป็นไปตามแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้องหรือไม่ สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และมีประโยชน์ในการตรวจประเมินคุณภาพ ซึ่งผู้ตรวจรับรองฟาร์มสามารถตรวจประเมินได้จากการตรวจสอบเอกสารกระบวนการผลิต เพื่อเป็นหลักฐานยืนยันว่าเกษตรกรได้ปฏิบัติตามรายละเอียดต่าง ๆ อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ข้อมูลจากการจดบันทึกดังกล่าว ยังเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับซึ่งมุ่งเน้นประเด็นความปลอดภัยในสินค้า โดยเอกสารข้อมูลการเลี้ยงจะเป็นหลักฐานเพื่อยืนยันถึงแหล่งผลิต กระบวนการผลิต รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต เกษตรกรจึงควรเอาใจใส่ และมีการบันทึกข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเสมอ ซึ่งข้อมูลการผลิตกุ้งแต่ละรุ่น ควรแยกไว้อย่างชัดเจน และมีการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเลี้ยงกุ้งตั้งแต่เริ่มต้นผลิตจนกระทั่งขายผลผลิตได้แก่ ข้อมูลการเตรียมบ่อ เตรียมน้ำ การให้อาหาร สุขภาพกุ้ง การให้ยา ผลผลิต รวมทั้งข้อมูลหนังสือกำกับการจำหน่าย (MD) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขายผลผลิต โดยเกษตรกรต้องมีการบันทึกและสรุปภาพรวมในการผลิตเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการตรวจสอบย้อนกลับ โดยแสดงตัวอย่างรูปแบบการบันทึกดังกล่าวที่ 5

แบบฟอร์มบันทึกสรุปข้อมูลการเลี้ยงกุ้งขาว

ข้อมูลทั่วไป

ชื่อเกษตรกร.....ชื่อฟาร์ม.....หมายเลขโทรศัพท์.....
 ที่ตั้งฟาร์มเลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
 หมายเลขบ่อ.....อัตราการปล่อย.....ตัว/ไร่ วันที่ปล่อย.....อายุลูกกุ้ง.....
 แหล่งลูกกุ้งจากฟาร์ม.....ที่อยู่.....หมายเลขโทรศัพท์.....
 เลขที่หนังสือกำกับการจำหน่ายลูกพันธุ์สัตว์น้ำ.....ออกโดย.....ที่อยู่.....หมายเลขโทรศัพท์.....

ข้อมูลการเลี้ยง

แหล่งน้ำที่ใช้ ☐ คลอง ☐ ทะเลสาบ ☐ อ่าว ☐ ทะเล ☐ อื่นๆ.....

ชนิดอาหาร

☐ อาหารเม็ดชื่อทางการค้าปริมาณรวม.....กิโลกรัม/บ่อซื้อจาก..... (โทรศัพท์)
☐ อาหารสดชนิดปริมาณรวม.....กิโลกรัม/บ่อซื้อจาก..... (โทรศัพท์)
☐ อื่นๆ (ระบุ).....ปริมาณรวม.....กิโลกรัม/บ่อซื้อจาก..... (โทรศัพท์)

ข้อมูลสุขภาพกุ้งและการใช้ยาปฏิชีวนะ/สารเคมีอื่นๆ

อาการที่พบ	ชนิดยา/สารเคมี/ อื่นๆ	แหล่งผลิต	ปริมาณที่ใช้	จำนวนครั้งที่ใช้
.....				
.....				
.....				

จับตรวจหาใช้ตัวอย่าง: 1 กิโลกรัม โดยเจ้าหน้าที่ (3 อาทิตย์หยุดเคมีในบ่อ 3 วันก่อนจับ)

ผลผลิต

ผลผลิตรวม.....กิโลกรัม น้ำหนักตัวเฉลี่ย.....กรัม น้ำหนักของแต่ละขนาด.....กรัม
 อัตราการรอด.....% อัตราการแลกเนื้อ.....

ข้อมูลการขาย

ผลผลิตที่ขายทั้งหมด กิโลกรัม น้ำหนักของแต่ละขนาด.....กิโลกรัม
 ผู้ซื้อ ที่อยู่ โทรศัพท์.....
 เลขที่หนังสือกำกับการจำหน่ายลูกพันธุ์สัตว์น้ำออกโดย.....
 ที่อยู่.....หมายเลขโทรศัพท์.....

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบบันทึกสรุปการเลี้ยงกุ้งขาว

ที่มา: กรมประมง (2554)

3. มาตรฐานการควบคุมการใช้ยาปฏิชีวนะในการผลิตสินค้าสัตว์น้ำ

3.1 การใช้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การใช้ยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ เพื่อการป้องกันโรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง หรือเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ รวมถึงอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีระหว่างการเพาะเลี้ยงเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวด้วย และการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะของเกษตรกรในปริมาณมาก หรือขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้อย่างถูกต้องนั้น ทำให้เกิดปัญหาการตกค้างของยาปฏิชีวนะในผลผลิต อย่างไรก็ตามในกระบวนการเพาะเลี้ยงกุ้งยังมีความจำเป็นต้องใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมี ในการป้องกันรักษาโรค หรือเร่งการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย มีการรับรองมาตรฐานยาสำหรับสัตว์น้ำ หรือการขึ้นทะเบียนตำรับยาสัตว์น้ำ ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ได้เริ่มจัดทำเอกสารมาตรฐานกำกับยา ได้แก่ เอกสารกำกับยา Oxytetracycline, Enrofloxacin, Sulfadimethoxine และ Sulfadimethoxine นอกจากนี้ยังมียาและสารเคมีอีกหลายชนิดที่ได้รับการขึ้นทะเบียนตำรับยาหรืออาหารเสริมสำหรับสัตว์น้ำ โดยยาต้านจุลชีพ (Antimicrobial Agents) ที่อนุญาตให้ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถแบ่งกลุ่มยาออกเป็น 3 กลุ่ม (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, 2551) ดังนี้

3.1.1 กลุ่มยา Tetracyclines

กลุ่มยา Tetracyclines มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง รสขม มีกลไกการออกฤทธิ์อย่างกว้างขวาง ครอบคลุมเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ออกฤทธิ์สูงสุดที่ค่า pH ระหว่าง 5.5 - 6 ยาในกลุ่ม Tetracyclines ที่นิยมใช้ในเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมี 3 ชนิด คือ Chlortetracycline Oxytetracycline และ Tetracycline เกษตรกรนิยมให้ยากลุ่มนี้โดยการผสมร่วมกับอาหารสัตว์ ยาจะมีการดูดซึมหลังจากผ่านเข้ากระเพาะอาหารและลำไส้ ซึ่งกลไกการดูดซึมของยากลุ่มนี้ค่อนข้างต่ำ สัตว์จะได้รับตัวยามากเพียงร้อยละ 20 - 30 ของยาทั้งหมดที่ผสมในอาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปหรืออาหารสด ส่วนยาที่เหลืออาจจะละลายน้ำและรวมตัวกับสารต่างๆ หรือตะกอนดินในบ่อเพาะเลี้ยง และพบว่าทั้งอุณหภูมิและแสงสว่างมีผลต่อการสลายตัวของตัวยาน้ำทะเล จึงส่งผลให้ต้องใช้ยากลุ่มนี้บ่อยทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเสียเวลามาก ซึ่งการสลายตัว

ของตัวยาอาจมีผลต่อเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ตามธรรมชาติในบริเวณดังกล่าว และเอกสารมาตรฐาน
กำกับยาได้กำหนดระยะเวลาหยุดยากลุ่มนี้สำหรับปลาและกุ้งที่ระยะเวลา 21 วัน

3.1.2 กลุ่มยา Quinolone

ยากลุ่ม Quinolone เป็นยาที่สังเคราะห์ขึ้น ออกฤทธิ์ได้ดีต่อเชื้อแบคทีเรียชนิด
แกรมลบมากกว่าแกรมบวก มีขอบเขตการใช้งานของยาก่อนข้างจำกัด โดยการให้ยากลุ่มนี้ให้โดย
การกินเท่านั้น ไม่สามารถใช้ฉีดได้ ออกฤทธิ์ได้ดีสำหรับการรักษาโรคติดเชื้อในระบบขับถ่าย และ
ระบบทางเดินอาหารในสัตว์น้ำ ยากลุ่ม Quinolone ที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่
Norfloxacin Enrofloxacin Pefloxacin Flumequine Oxolinic Acid เป็นต้น ตัวยามีลักษณะเป็นผง
หรือผลึกสีขาว ดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ในร่างกายสัตว์ เป็นสารก่อมะเร็ง และเกิดการ
บวมของเซลล์ตับ เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์และตัวอ่อน

3.1.3 กลุ่มยา Sulfanilamides

กลุ่มยา Sulfanilamides เป็นยาด้านจุลชีพลูกกลุ่มแรก ๆ ที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการรักษาโรคทั่วไป ลักษณะของยาซัลฟาเป็นผงสีขาว รสขม เมื่อถูก
แสงแดดจะกลายเป็นสีดำ ไม่มีกลิ่น ทนทานต่อความร้อนได้ดี ยาซัลฟาที่ละลายน้ำได้ดีต้องเตรียม
อยู่ในรูปของเกลือ ยากลุ่มนี้ออกฤทธิ์ในวงกว้างต่อแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ มีการ
ยับยั้งการเจริญเติบโตและการขยายตัวของแบคทีเรีย กรณีที่สัตว์น้ำมีอาการป่วยอย่างเรื้อรัง การใช้
ยากลุ่มนี้รักษาจะไม่ค่อยได้ผลดีเท่าที่ควร เนื่องจากยาจะออกฤทธิ์เพียงไปยับยั้งการเจริญและ
ขยายตัวของแบคทีเรียเท่านั้น ยากลุ่มนี้จึงเหมาะสมที่ใช้ในการป้องกันและรักษาโรคในสัตว์น้ำใน
ระยะเริ่มต้นที่ยังไม่มีอาการเรื้อรัง ยากลุ่มนี้ที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยง ได้แก่ Sulfamethazine
Sulfadiazine Sulfamerazine เป็นต้น

3.2 เกณฑ์กำหนดปริมาณยาสัตว์ดักค้ำที่อนุญาตให้มีในผลผลิตกุ้งและสัตว์น้ำ

ผลผลิตกุ้งและสัตว์น้ำส่วนใหญ่ของประเทศไทย ถูกผลิตเพื่อการส่งออกมากกว่าการ
บริโภคภายในประเทศ ประกอบกับศักยภาพในการผลิตกุ้งของประเทศไทยสามารถผลิตได้เป็น
อันดับต้น ๆ ของโลก รวมถึงความต้องการผลผลิตในตลาดโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง
ส่งผลให้เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยงกุ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นสูงทำให้

เกิดปัญหาการเป็นโรคของกุ้ง เกษตรกรจึงมีความจำเป็นในการใช้ยาหรือสารเคมีระหว่างการเพาะเลี้ยง และการขาดความรู้ที่เพียงพอ หรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ในการใช้ยาสัตว์ จึงส่งผลให้เกิดปัญหาการตกค้างของยาสัตว์หรือสารเคมีในผลผลิต หน่วยงานตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบสัตว์น้ำจากแหล่งเพาะเลี้ยง สังกัดกรมประมง ซึ่งมีส่วนรับผิดชอบในการตรวจสอบและรับรองคุณภาพสินค้าประมง กำหนดให้เกษตรกรที่เพาะเลี้ยงกุ้งเพื่อการส่งออกต้องมีการตรวจสอบสารพิษตกค้างในผลผลิต ซึ่งผลผลิตต้องมีคุณภาพสูง มีสารตกค้างปนเปื้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ประเทศผู้ซื้อกำหนด โดยผลผลิตกุ้งและสัตว์น้ำเพื่อการส่งออกได้ถูกกำหนดการควบคุมปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ที่อนุญาตในระดับ 4 ชนิด (งานตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบสัตว์น้ำจากแหล่งเพาะเลี้ยง กรมประมง, 2553) ดังนี้

3.2.1 ยากลุ่มต้านจุลชีพ ได้แก่ Oxoline acid (MRL 0.02 ppm), Oxytetracycline (MRL 0.10 ppm) และ Fluroquinolone (MRL 0.10 ppm)

3.2.2 ยากลุ่ม Chloramphenicol (MRL 0.30 ppm)

3.2.3 ยากลุ่มเมตาบอไลต์ของ Nitrofurans (MRL 0.50 ppm)

3.2.4 ยากลุ่ม Malachite green (MRL 0.80 ppm)

ก่อนการจับกุ้งเพื่อจำหน่าย เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งต้องดำเนินการเก็บตัวอย่างจากบ่อเพาะเลี้ยง เพื่อให้ประมงจังหวัดที่รับผิดชอบทำการตรวจวิเคราะห์ยาสัตว์ตกค้างทั้งสี่กลุ่ม และประเมินปริมาณน้ำหนัก และขนาดกุ้งในบ่อดังกล่าว ก่อนออกใบอนุญาตให้จับและจำหน่าย (Movement Document: MD) ให้ถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนด โดยการวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างก่อนการส่งออกต่างประเทศเป็นข้อตกลงทางการค้าที่บังคับใช้อย่างเข้มงวด ซึ่งการตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในผลผลิตนั้น มีการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบที่ทันสมัยและมีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ เทคนิค High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) เทคนิค ELISA (Enzyme - Linked Immunosorbent Assay) และเทคนิค LC - MS - MS (Liquid Chromatography Mass Spectrometry) เทคโนโลยีทั้ง 3 รูปแบบ มีความครอบคลุมการตรวจสอบสารปฏิชีวนะในกลุ่มต่างๆ ซึ่งกรมประมงได้จัดให้หน่วยงานในสังกัดที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์กุ้งทะเลเพื่อใช้ตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปต่างประเทศและจำหน่ายภายในประเทศ (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, 2555)

แนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบและใช้ระบบประกันความปลอดภัยอาหารระดับชาติ เกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์เพื่ออาหาร (CAC/GL 71 - 2009)

ระบบการประกันความปลอดภัยเกี่ยวกับยาสัตว์ในการผลิตสินค้าปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหารควรมีการออกแบบและมีการจัดการ เพื่อให้มั่นใจว่าสินค้าจะไม่มีสารตกค้างจากยาสัตว์เกินระดับที่จะเกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คือ กลุ่มผู้ประกอบการในโซ่อุปทานการผลิตสินค้า และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ (Competence Authority) ในการควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์ต้องผ่านการตรวจประเมินตามหลักทางการเกษตรที่ดี (GAP) รวมถึงตรวจสอบปริมาณการกระจายของยาสัตว์ในระบบการผลิต (Inspection and Sampling) ว่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Level: MRL) มีความยุติธรรมทางการค้าของผู้ประกอบการรายต่าง ๆ รวมทั้งมีการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยจากยาสัตว์ตกค้างในสินค้าจากปศุสัตว์และสัตว์น้ำ

การกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) การกำหนดให้มีวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling) เพื่อตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์ อยู่ในความรับผิดชอบของส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ (Competence Authority) ซึ่งควรอยู่บนพื้นฐานของการประเมินความเสี่ยง (Risk Evaluation) ด้านความปลอดภัยของยาสัตว์ ซึ่งสามารถประเมินได้จากความแตกต่างกันของแหล่งผลิต ภูมิภาค ภูมิภาค สายพันธุ์สัตว์ หรือระบบการผลิต และการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการทดสอบ (Laboratory Analysis) โดยวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจหาสารตกค้างถูกกำหนดให้สอดคล้องกับโปรแกรมการควบคุมที่พัฒนาขึ้น วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจหาสารตกค้าง ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับโปรแกรมการควบคุมที่พัฒนาขึ้น รวมถึงมีการตรวจวิเคราะห์ผลยาสัตว์ตกค้าง โดยผ่านการตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการที่มีมาตรฐานห้องปฏิบัติการสากล ISO/IEC 17025: 2005 ซึ่งมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบประกันความปลอดภัยจากปริมาณยาสัตว์ในสินค้าปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหารในแต่ละประเทศต้องอาศัยองค์ความรู้ เพื่อให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับแนวปฏิบัติเรื่องการออกแบบและดำเนินการใช้ระบบประกันความปลอดภัยแห่งชาติสำหรับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์เพื่ออาหาร (CAC/GL 71 - 2009) เพื่อเป็นหลักประกันความปลอดภัยของสินค้าสำหรับประเทศคู่ค้า

1. การออกแบบระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหาร

ระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหาร เป็นระบบที่สามารถสร้างความเชื่อมั่นว่าสินค้าไม่มีสารตกค้างจากยาสัตว์เกินระดับที่จะเกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค โดยการออกแบบระบบประกันความปลอดภัยจึงต้องมีความเชื่อมโยงกิจกรรมการดำเนินงานของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องและส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ในโซ่อุปทานการผลิตสินค้าทั้งหมด ซึ่งหลักการออกแบบต้องเป็นไปตามแนวทางของเอกสาร CAC/GL 71 - 2009

1.1 หลักการทั่วไปสำหรับการออกแบบระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหารควรออกแบบตามหลักการพื้นฐาน 7 ประการ ดังนี้

1.1.1 การออกแบบระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ ต้องอยู่บนพื้นฐานความเสี่ยงของระบบการผลิต จึงต้องมีการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงของปริมาณยาสัตว์ที่ใช้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์การผลิตสินค้าตลอดโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้อง (Supply Chain and Production Profile)

1.1.2 ให้ความสำคัญกับการสร้างระบบประกัน เน้นการป้องกันความเสี่ยงจากการใช้ยาสัตว์ในกระบวนการผลิต ทั้งยาสัตว์ที่ได้รับการอนุญาตและไม่ได้รับการอนุญาตในระบบการผลิต

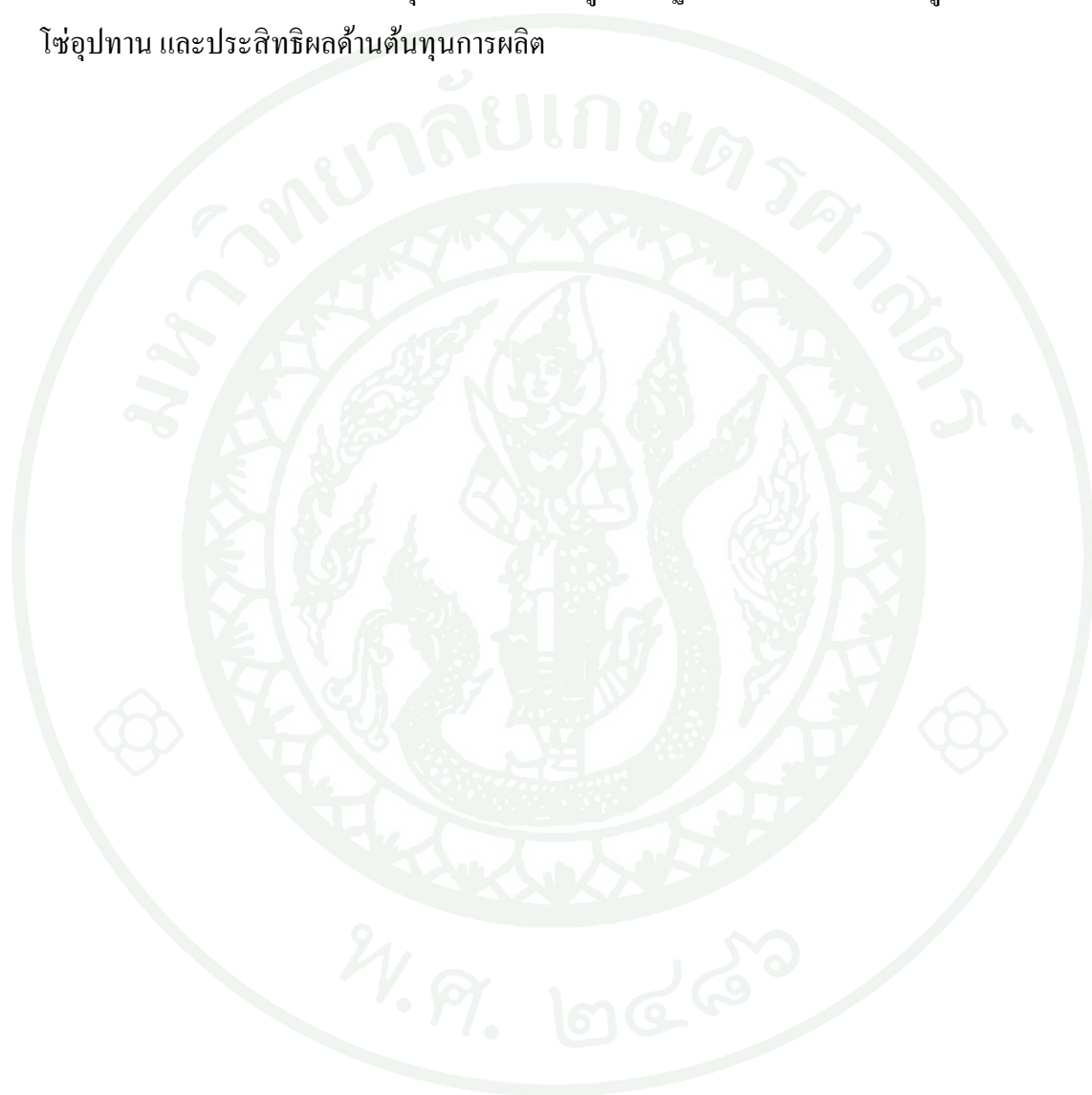
1.1.3 คำนึงถึงการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของสารอันตรายในสินค้า ตามพื้นฐานข้อมูลการประเมินความเสี่ยงของสารอันตรายดังกล่าว และเปรียบเทียบกับสารอันตรายอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย

1.1.4 คณะกรรมการที่มีส่วนในการออกแบบระบบประกันความปลอดภัย ต้องเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบการผลิตสินค้าปศุสัตว์และสัตว์น้ำตลอดทั้งโซ่อุปทาน เพื่อยืนยันความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของสินค้า

1.1.5 ให้ความสำคัญกับระบบการผลิตในระดับฟาร์มหรือส่วนต้นน้ำของโซ่อุปทาน โดยเฉพาะการควบคุมคุณภาพก่อนการฆ่าและหรือการจับสัตว์ (Pre - Harvest) เพื่อสร้างความมั่นใจในเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยของสินค้า

1.1.6 มีการตรวจประเมินคุณลักษณะ และการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ยาสัตว์ เพื่อเป็นการทวนสอบและยืนยันประสิทธิผลของระบบการประกันคุณภาพ

1.1.7 ระบบประกันคุณภาพที่ดีควรอยู่บนพื้นฐานของระบบการผลิต ผู้ที่เกี่ยวข้องใน โซ่อุปทาน และประสิทธิผลด้านต้นทุนการผลิต





ภาพที่ 6 ระบบควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาเลี้ยงเพื่ออาหาร

จากแผนภาพที่ 6 แสดงระบบควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหาร ซึ่งมีความสอดคล้องตามหลักการพื้นฐานการออกแบบ ระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ตามแนวทางของเอกสาร CAC/GL 71 - 2009 โดยระบบการควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์มีความเชื่อมโยงกิจกรรมการดำเนินงานระหว่างผู้ประกอบการและส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ในการกำกับดูแลและระบบการผลิตสินค้าอาหาร โดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ทำหน้าที่ในการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิต ได้แก่ ชนิดยาสัตว์ ปริมาณการใช้ รูปแบบการใช้ และการประมาณการบริโภคเนื้อสัตว์ของผู้บริโภค ซึ่งการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงดังกล่าวจะนำไปกำหนดปริมาณระดับยาสัตว์ตกค้างสูงสุดในสินค้า (MRL) เพื่อเป็นเกณฑ์สำหรับการรับรองความปลอดภัยของสินค้าและระบบทวนสอบ โดยการตรวจรับรองระบบความปลอดภัยในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นไปตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และการทวนสอบระบบความเชื่อมั่นของการกำกับดูแล ซึ่งมีการสุ่มตัวอย่างทางสถิติและวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และหลักการ ทำให้การสรุปภาพรวมสถานการณ์การใช้ยาสัตว์ในสินค้าปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหาร และระบบประกันความปลอดภัยจากสารตกค้างในสัตว์มีความน่าเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในระบบการสืบหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการใช้ยาสัตว์ในโซ่อุปทานการผลิตและหาแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งระบบการควบคุมความปลอดภัยนี้ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการผลิต รวมถึงประสิทธิผลทางด้านต้นทุน

1.2 ระบบการประเมินความเสี่ยง

ระบบการประเมินความเสี่ยงจากสถานการณ์การผลิตสินค้า เป็นกิจกรรมในการระบุชนิดอันตรายของยาสัตว์ สถานการณ์ความรุนแรงจากการใช้ยาสัตว์ โดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่มีส่วนรับผิดชอบในการประเมินความเสี่ยงจากสถานการณ์การผลิต ซึ่งมุ่งเน้นถึงการคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภค การสรุปสถานการณ์ความเสี่ยงเป็นไปตามรูปแบบชนิดของยาสัตว์ที่ใช้ ปริมาณการใช้ยาสัตว์ เส้นทางการรับยาไม่ว่าจะเป็นโดยตรงหรือทางอ้อม ได้แก่ การผสมในอาหารสัตว์หรือน้ำดื่ม สถานการณ์การปนเปื้อนในน้ำ อาหารหรือสิ่งแวดล้อมในระบบการเพาะเลี้ยง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำไปประเมินความเสี่ยง ซึ่งประกอบด้วย การประเมินความรุนแรงของยาสัตว์ร่วมกับโอกาสของการรับยาสัตว์ของผู้บริโภคผ่านข้อมูลดังนี้

1.2.1 การประเมินความรุนแรงของยาสัตว์ ตามชนิดยาสัตว์ตกค้าง ซึ่งการเข้าใจถึงสถานการณ์ดังกล่าวอย่างชัดเจนจะสามารถระบุถึงผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภค และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบระบบประกันความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ได้

1.2.2 การระบุโอกาสของการได้รับยาสัตว์ (Likelihood) ด้วยข้อมูลปริมาณการใช้ในระบบการผลิตและระบบควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งข้อมูลปริมาณการบริโภค (Dietary Consumption) ของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบความปลอดภัยในการผลิตสินค้า

2. กรอบงานสำหรับระบบควบคุมตรวจสอบความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ (Inspection Control Framework)

ประสิทธิผลของระบบควบคุมตรวจสอบความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ที่ดี และการดำเนินงานของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตสินค้าได้อย่างบรรลุวัตถุประสงค์ ต้องมีการกำหนดกรอบงานที่มีความเหมาะสม ซึ่งการกำหนดกรอบงานนั้นมีความครอบคลุม 5 ประเด็นหลัก คือ การกำหนดบทบาทหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานการผลิตสินค้า การรับรองระบบการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำโดยความรับผิดชอบของส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ การกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับยาสัตว์ การจำหน่ายและการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิต และความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้

2.1 การกำหนดบทบาทหน้าที่

บทบาทหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและมีส่วนรับผิดชอบในระบบการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหารตลอดโซ่อุปทาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1.1 ผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ประกอบการทั้งหมดมีส่วนสำคัญในการรับผิดชอบการตรวจสอบความปลอดภัยของสินค้าอาหาร

2.1.2 เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจหน้าที่ (Competent Authorities) เป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตสินค้า ซึ่งมีส่วนในการตรวจสอบว่ามีวิธีการปฏิบัติในระบบการผลิตที่มีความเหมาะสม รวมถึงการตรวจสอบการกระจายของยาสัตว์ในระบบการผลิต

เพื่อให้ประสิทธิผลการดูแลความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นไปตามจุดประสงค์ของโคเด็กซ์ และเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ซึ่งส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ต้องมีความรู้เพียงพอในการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยจากยาเสพติดตกค้างในสินค้าจากปศุสัตว์และสัตว์น้ำ รวมถึงการควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิต

2.2 การรับรองระบบการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำ โดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ ควรมีองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้

2.2.1 เกณฑ์การตัดสินใจ (Criteria) มีการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ที่มีความเหมาะสม จากการวิเคราะห์และการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงของส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ เพื่อประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคจากการตกค้างของยาเสพติดในสินค้า โดยระดับของความเสี่ยงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์การผลิต

2.2.2 การอนุมัติข้อกำหนด (Approved Restriction) สามารถกำหนดได้โดยการระบุสูตรอาหาร วิธีการใช้งาน ได้แก่ ชนิด เวลา ข้อกำหนดระยะหยุดยา หรือข้อกำหนดในการฆ่าแช่และหรือการจับ โดยข้อกำหนดดังกล่าวต้องมีการระบุที่ชัดเจน

2.2.3 ระบบการขึ้นทะเบียนกลางแห่งชาติ (National Register) ควรมีการขึ้นทะเบียนยาที่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ในระบบการผลิต และยาดังกล่าวต้องเป็นยาที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ถูกต้องตามกฎหมายภายในประเทศ

2.3 การกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับยาเสพติด ระบุข้อมูลยาและสูตรการผลิตสำหรับยาที่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ภายในประเทศ รวมทั้งมีการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยจากยาเสพติดตกค้างในสินค้าจากปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่อเป็นการคุ้มครองผู้บริโภค

2.4 การจัดจำหน่ายและการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิต เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจ (Competent Authorities) ควรประกาศชนิดยาที่อนุญาตให้ใช้ในประเทศและยาที่ไม่มีการระบุตำหรับ (Formulation) ในฐานทะเบียนกลางระดับประเทศ และกรณีที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับยาเสพติดบางชนิด ควรมีขั้นตอนเพื่อให้เกิดการระงับการใช้ดังกล่าว โดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ควรระบุข้อกำหนดเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการใช้ในทางที่ไม่เหมาะสม บางกรณีอาจมีข้อยกเว้นอนุญาตให้ใช้ยาที่ไม่มีในทะเบียนอนุญาต ซึ่งการทำดังกล่าวควรมีเกณฑ์ที่สม่ำเสมอและสอดคล้องกับข้อแนะนำ

ระดับชาติหรือนานาชาติการกำหนดเงื่อนไขการใช้และการขายยาสัตว์ ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขการจำหน่ายและการใช้ยาสัตว์ประกอบด้วย

2.4.1 การกำหนดให้ยาสัตว์ทั้งหมด ต้องมีการอนุมัติใบสั่งยาโดยสัตวแพทย์หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผ่านการรับรองความรู้อย่างถูกต้อง

2.4.2 กำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีความสามารถในการสั่งยาให้มีความชัดเจน

2.4.3 ระบุชนิดยาที่ใช้ต่อสัตว์และระบบการผลิตอย่างชัดเจน โดยเฉพาะกรณีการใช้ยาสัตว์กับกลุ่มสัตว์ที่ให้ผลิตภัณฑ์เพื่ออาหาร

2.4.4 มีระบบฐานข้อมูลสำหรับการบันทึกข้อมูลการใช้ยาสัตว์ในระบบผลิตของประเทศ

2.5 ความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ ผู้ประกอบการขึ้นต้นควรเลือกใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตตามที่สัตวแพทย์อนุญาตให้ใช้เท่านั้น โดยปฏิบัติตามเอกสารกำกับยาสำหรับการให้ยาสัตว์อย่างเคร่งครัด ควรให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามระยะหยุดยาค่อนการฆ่าและหรือจับเพื่อจำหน่ายอย่างเคร่งครัด และมีระบบการผลิตสินค้าระดับฟาร์มตามหลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) สำหรับการเพาะเลี้ยง ซึ่งผู้ประกอบการขึ้นต้นควรมีระบบการบันทึกข้อมูลสำหรับการผลิตในแต่ละขั้นตอนเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับของระบบการผลิต ในส่วนของผู้ประกอบการแปรรูปควรซื้อวัตถุดิบที่มีมาตรฐานความปลอดภัย มีการตรวจประกันระบบของผู้ส่งมอบสินค้าวัตถุดิบเพื่อเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบมีระยะหยุดยาที่ถูกต้อง และสามารถตรวจสอบย้อนกลับเพื่อการบ่งชี้แหล่งที่มาของวัตถุดิบเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบมีระยะหยุดยาที่ถูกต้อง (Traceability) ไม่ให้เกิดการผสมปนกันระหว่างวัตถุดิบที่มีการใช้ยาที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การรับผิดชอบของผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องนั้น สามารถยืนยันถึงความปลอดภัยของสินค้าและเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

3. การทวนสอบของระบบควบคุมสินค้าปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหาร (Verification)

ระบบการทวนสอบเป็นการตรวจสอบจุดที่ต้องการควบคุมในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่ามีระบบการปฏิบัติงานและระบบการควบคุมปริมาณยาสัตว์ตกค้างในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นการสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของผู้บริโภค จากการบริโภคผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์และสัตว์น้ำ ระบบการทวนสอบมีความครอบคลุมถึงการตรวจประเมินเกี่ยวกับกระบวนการผลิตตลอดโซ่อุปทาน ตรวจประเมินประสิทธิผลของยาสัตว์ ตรวจประเมินประสิทธิผลของการลดความเสี่ยงจากยาสัตว์ การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต และประสิทธิผลของการดำเนินการแก้ไข

กิจกรรมการทวนสอบประกอบด้วยกิจกรรมสำคัญ 2 ส่วน คือ กิจกรรมการตรวจประเมิน (Audit Activity) เพื่อประเมินประสิทธิผลของระบบควบคุมคุณภาพในการผลิตสินค้า และกิจกรรมการตรวจสอบ (Inspection Activity) จากการสุ่มเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ (Sampling and Laboratory Analysis) เพื่อประเมินความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของขึ้นหรือกลุ่มสินค้าโดยให้ความสำคัญกับตำแหน่งการตรวจสอบคือ จุดก่อนการฆ่าแช่และหรือการจับสัตว์น้ำ

3.1 หลักการออกแบบระบบทวนสอบ

ระบบการทวนสอบมีความสำคัญในกระบวนการผลิตสินค้า เนื่องจากการตรวจเพื่อยืนยันประสิทธิผลในการควบคุม ซึ่งเน้นให้ดำเนินการในตำแหน่งก่อนการฆ่าแช่หรือการจับ โดยระบบการทวนสอบมีความครอบคลุมถึง กิจกรรมการตรวจประเมิน และกิจกรรมการตรวจสอบ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบการทวนสอบมีประสิทธิภาพสูงสุด กิจกรรมดังกล่าวจึงต้องมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานความเสี่ยงเรื่องของยาสัตว์ที่ควบคุมและระบบผลิต โดยระบบทวนสอบควรประกอบด้วยข้อกำหนด 6 เรื่องที่สอดคล้องกันคือ

3.1.1 การระบุถึงวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการทวนสอบให้ชัดเจน

3.1.2 การระบุประชากรสำหรับเก็บตัวอย่าง เพื่อยืนยันประสิทธิผลการควบคุม เช่น ระบบควบคุมยาสัตว์ตกค้างในปศุสัตว์ไก่ที่ผลิตในประเทศ กลุ่มประชากรคือ ปศุสัตว์ไก่ที่ผลิตในประเทศ

3.1.3 การกำหนดวิธีการสุ่มตัวอย่างจากประชากรเพื่อใช้ในการสรุปประสิทธิผลของระบบควบคุมที่ใช้กับประชากรดังกล่าว ซึ่งวิธีสุ่มตัวอย่างจำแนกได้ 2 วิธี คือ วิธีอ้างอิงหลักสถิติ (Non-Biased Sampling) จะช่วยลดความลำเอียงในการเก็บตัวอย่าง และวิธีที่ไม่ใช้หลักสถิติ (Targeted Sampling) เพื่อตรวจจับสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

3.1.4 การกำหนดวิธีการสืบกลับถึงแหล่งที่มาของตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการสืบกลับถึงต้นตอ โดยเฉพาะกรณีที่สินค้าถูกส่งระหว่างการปล่อยสู่ตลาด (Dispute)

3.1.5 การระบุความถี่ของการทวนสอบ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ความเสี่ยงเรื่องของยาสัตว์ที่ควบคุมและระบบผลิต ณ เวลานั้น

3.1.6 การกำหนดการปรับปรุงระบบทวนสอบ (Review) เพื่อยืนยันประสิทธิผลของระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น โดยมีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ความเสี่ยงและระบบการผลิตที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไป

3.2 ชนิดของกิจกรรมการทวนสอบ (Verification Programmes)

3.2.1 การทวนสอบระบบ (System Verification Programmes) เป็นการทวนสอบกระบวนการควบคุมว่าเป็นไปตามเป้าหมาย โดยมีการเก็บตัวอย่างโดยใช้หลักทางสถิติเพื่อตรวจสอบยาสัตว์ตกค้างในตัวสัตว์หรืออาหาร ซึ่งให้ความสำคัญในการเก็บตัวอย่างในกระบวนการไถ่จูดฆ่าและหรือการจับ (Harvest) ทั้งนี้ต้องมีการทวนสอบระบบประกันความปลอดภัย (Assurance Programme) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับจำนวนสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ความถี่ของกิจกรรมทวนสอบระบบขึ้นอยู่กับความเสี่ยงและสถานการณ์การใช้ยาสัตว์

กิจกรรมการทวนสอบระบบควรคำนึงถึง การระบุจุดควบคุมที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเพื่อทำการตรวจสอบ การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์ควรใช้หลักการสุ่มตัวอย่างแบบมีสถิติในการสุ่มสินค้าทั้งหมด เนื่องจากการสุ่มตัวอย่างแบบดังกล่าวช่วยลดความลำเอียงในการสุ่มตัวอย่างได้โดยผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิผลของการควบคุมในระบบผลิต อย่างไรก็ตามการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ลำเอียง (Non-biased Sampling) มีข้อจำกัดในการตรวจจับกรณีที่มีจำนวนสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดปนอยู่ในรุ่นสินค้าในระดับต่ำ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการตรวจจับรุ่นสินค้าที่มีลักษณะดังกล่าว โดยเฉพาะ

สารตกค้างระดับต่ำนั้นมีผลต่อสุขภาพ ควรใช้การทวนสอบระบบประกันความปลอดภัยมากกว่าระบบตรวจสอบสินค้า

3.2.2 การทวนสอบการใช้ยาศัตรูที่เป็นเป้าหมายตามระดับความเสี่ยง (Risk - target Verification Programmes) เพื่อการทวนสอบเกี่ยวกับการใช้ยาศัตรูให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุ โดยการทวนสอบดังกล่าวพิจารณาเกี่ยวกับ ข้อมูลสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านมา เครื่องมือในการจัดการคุณภาพ ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณการใช้ยาศัตรู ซึ่งการทวนสอบการใช้ยาศัตรูใช้ควบคู่กับการทวนสอบระบบควบคุม โดยระบบการควบคุมให้ความสำคัญ ณ จุดก่อนการฆ่าฆ่าเหาะ (Pre - Harvest) ส่วนการสร้างระบบทวนสอบระดับความเสี่ยงของยาศัตรูเป้าหมาย ณ จุดหลังการฆ่าฆ่าเหาะ (Post - Harvest) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการทวนสอบยาศัตรูให้เป็นไปตามเป้าหมาย

3.2.3 การสำรวจ (Survey) เป็นกิจกรรมการประเมินสถานการณ์เบื้องต้นก่อนการทำการทวนสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรม โดยตัวแปรที่สนใจได้แก่ สถานที่ ฤดูกาล อายุ ต่อปริมาณสารตกค้าง

3.2.4 การตรวจเช็คสินค้า ณ ด่านนำเข้า (Port of Entry Testing Programmes) ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ควรพิจารณาการตรวจสินค้า ณ ด่านนำเข้า เป็นกระบวนการทวนสอบขั้นที่สอง (Secondary Verification) สำหรับตรวจยืนยันคุณภาพความปลอดภัยของสินค้านำเข้า เนื่องจากสินค้านำเข้า อาจมีการคลาดเคลื่อนทั้งด้านชนิดเนื้อสัตว์ ผู้ผลิตหรือวันผลิต โดยเกณฑ์มาตรฐานสินค้านำเข้าถูกกำหนดด้วยประเทศผู้นำเข้า ซึ่งมักสอดคล้องกับเกณฑ์การควบคุมสินค้าที่ผลิตภายในประเทศนั้น การสุ่มตรวจตัวอย่างสามารถทำได้วิธีเจาะจงเลือก (Targeted Sampling) นอกจากนั้นประเทศผู้นำเข้าอาจเพิ่มความถี่ในการตรวจได้กับชนิดสินค้านำเข้าอย่างหากมีประวัติการตรวจพบปริมาณสินค้าไม่ผ่านเกณฑ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิผลการทวนสอบระบบควบคุมในช่วงเวลาดังกล่าว

4. กระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling)

กระบวนการเก็บตัวอย่างเป็นกระบวนการเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของสินค้า สำหรับการตรวจวิเคราะห์ในการควบคุมคุณภาพของรุ้นสินค้า ทั้งนี้กระบวนการเก็บตัวอย่างควรมีความเหมาะสมและไม่มีผลต่อการสุ่มตัวอย่าง เพื่อประสิทธิผลของกิจกรรมการควบคุมคุณภาพ โดยทุกกระบวนการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ การเก็บตัวอย่างจากรุ้นสินค้า การเตรียมตัวอย่าง การรักษาตัวอย่าง การขนส่งตัวอย่าง จนกระทั่งกระบวนการตรวจวิเคราะห์ มีความสำคัญต่อความน่าเชื่อถือของรุ้นสินค้า และการสรุปคุณภาพของสินค้าจากผลการตรวจวิเคราะห์ ทั้งนี้กระบวนการเก็บตัวอย่างสามารถบ่งชี้ถึงต้นกำเนิดของสินค้านั้นได้ ซึ่งต้องมีการระบุตัวอย่างอย่างชัดเจน เพื่อประโยชน์ในการติดตามผลในกรณีที่ผลการตรวจสอบไม่สามารถอธิบายได้ โดยจำนวนตัวอย่างควรมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการตรวจวิเคราะห์ผล เพื่อสามารถยืนยันความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์

4.1 หลักการทั่วไปสำหรับการกำหนดกระบวนการเก็บตัวอย่าง

การกำหนดกระบวนการเก็บตัวอย่างเป็นกระบวนการสำคัญเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ดี สำหรับการตรวจวิเคราะห์ผล สำหรับการควบคุมคุณภาพสินค้า เนื่องจากสรุปคุณภาพรุ้นสินค้ามีความสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นกระบวนการเก็บตัวอย่างควรมีความถูกต้องและเหมาะสม ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงหลักการกำหนดกระบวนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย

4.1.1 การกำหนดกระบวนการเก็บตัวอย่างสินค้า ควรมีการระบุวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่างให้ชัดเจน เพื่อกำหนดกลุ่มประชากรของสินค้าที่ต้องการตรวจสอบ ตำแหน่งเป้าหมายสำหรับเก็บตัวอย่าง การกำหนดเกณฑ์ควบคุมสำหรับการตรวจวิเคราะห์และตัดสินคุณภาพรุ้นสินค้า โดยเกณฑ์ดังกล่าวควรมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภค รวมทั้งการกำหนดวิธีดำเนินการแก้ไขในกรณีที่ผลการตรวจวิเคราะห์ของสินค้าไม่ผ่านเกณฑ์ที่ควบคุม

4.1.2 กระบวนการเก็บตัวอย่าง ควรคำนึงถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความลำเอียงในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของลักษณะของสินค้า จำนวนตัวอย่าง ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง และวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยกระบวนการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมจะช่วยลดความลำเอียง และประสิทธิผลของการตรวจสอบการควบคุมคุณภาพสินค้า

4.1.3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง ควรเกิดขึ้นก่อนที่สินค้าจะมีการคละปนกันจากแหล่งผลิตหรือประชากรสินค้าที่จะสุ่มเก็บ ควรมีความสม่ำเสมอและคงที่ในคุณลักษณะตัวแปรที่ต้องตรวจวิเคราะห์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นของผลการตรวจวิเคราะห์สินค้า

4.1.4 ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ (Competence Authority) ควรมีการเก็บตัวอย่างในปริมาณที่เพียงพอต่อการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ เตรียมและจัดแบ่งตัวอย่างสำหรับตรวจในห้องปฏิบัติการ โดยสำรองตัวอย่างมากกว่า 2 ส่วน แยกไว้สำหรับตรวจซ้ำกรณีที่เกิดการตรวจไม่เป็นไปตามกำหนด โดยตัวอย่างสำหรับส่งห้องปฏิบัติการดังกล่าวควรปิดผนึกและไม่ถูกเปิดออกจนกว่าจะทำการตรวจวิเคราะห์

4.1.5 ผู้ทำหน้าที่ในการตรวจสอบ ต้องสามารถระบุต้นกำเนิดของแหล่งตัวอย่างได้ และมีมาตรการรองรับในการจัดการกับสินค้าโดยเฉพาะกรณีถ้าการตรวจตัวอย่างไม่ผ่านตามเกณฑ์กำหนด

4.1.6 การกำหนดแผนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย ขนาดตัวอย่าง (Sample Size) และเกณฑ์การตัดสินใจ (Acceptance Condition) ควรอยู่ภายใต้หลักสถิติ หรือหลักจัดการความเสี่ยงของยาสัตว์ตกค้างในสินค้า ในกรณีที่สินค้ามีความน่าสงสัยอันเนื่องมาจากประวัติการพบสินค้าผิดมาตรฐานจากระดับยาสัตว์ตกค้างควบคุม การรายงานการปนเปื้อนระหว่างการขนส่ง การพบอาการทางพิษในเนื้อสัตว์ระหว่างการตรวจสอบ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ เช่น สินค้ารุ่นดังกล่าวส่งออกจากประเทศที่ไม่มีระบบการทวนสอบมาตรฐานสินค้าด้านขีดจำกัดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit for Veterinary Drugs) สามารถกำหนดให้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างขึ้นต้นจากรุ่นสินค้าอย่างน้อย 6 ตำแหน่งและไม่เกิน 30 ตำแหน่ง จากรุ่นที่น่าสงสัยดังกล่าว

4.1.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างในตัวอย่างสินค้า พิจารณาผ่านเกณฑ์เมื่อค่าเฉลี่ยปริมาณยา (Mean) ที่พบในตัวอย่างน้อยกว่าระดับขีดจำกัดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่กำหนด (Maximum Residue Limit for Veterinary Drugs)

4.1.8 การจดบันทึก ควรให้สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อมูลรุ่นสินค้า เช่น แหล่งผลิต โดยครอบคลุมชนิดตัวอย่าง วิเคราะห์ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง วันเดือนปีที่ทำการเก็บตัวอย่าง เป็นต้น

4.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Procedure)

เป็นวิธีการในการระบุจุดเก็บตัวอย่างที่สามารถเลือกตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่มีความเหมาะสมของสินค้า การเก็บตัวอย่างต้องกำหนดจำนวนพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้แก่ ระดับการยอมรับที่ตรวจพบ ระดับความเชื่อมั่น ประสิทธิภาพในการตรวจพบ และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้สามารถเลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างให้มีความเหมาะสมกับชนิดสินค้า โดยวิธีการเก็บตัวอย่างสามารถแบ่งได้ดังนี้

4.2.1 การเก็บตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) คือ การเก็บตัวอย่างที่เป็นไปได้แต่ละตัวอย่างมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกเท่ากัน การดำเนินการเก็บหน่วยตัวอย่างมาทีละหน่วยด้วยความน่าจะเป็นเท่ากันในแต่ละครั้ง (ประชุม, 2554) ใช้การกำหนดตัวเลขสุ่ม โดยอาจใช้ตารางเลขสุ่มโดยประชากรทุกหน่วยมีความเป็นอิสระต่อกัน การเก็บตัวอย่างแบบนี้เหมาะสำหรับประชากรที่มีหน่วยตัวอย่างไม่มาก

4.2.2 การเก็บตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling) คือ การเก็บตัวอย่างที่มีการเก็บเพียงครั้งเดียวเรียกว่า จุดสุ่มเริ่มต้น (Random Start) หน่วยอื่น ๆ ของตัวอย่างได้จากการใช้จุดสุ่มเริ่มต้น โดยกำหนดช่วงการเก็บตัวอย่างที่แน่นอน เช่น ทุกชั่วโมง หรือทุกวันสินค้า ซึ่งเป็นเทคนิคการเก็บตัวอย่างที่สะดวกในการนำไปปฏิบัติเนื่องจากสามารถเลือกตัวอย่างได้ง่าย เก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่าย และสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยในประชากรมีความน่าจะเป็นที่จะตกอยู่ในตัวอย่างเท่ากัน การประมาณพารามิเตอร์ให้ความแม่นยำ มีประสิทธิภาพสูง (ประชุม, 2554) มักใช้ควบคู่กับเครื่องเก็บตัวอย่างอัตโนมัติ วิธีการเก็บตัวอย่างแบบมีระบบเหมาะกับสินค้าที่มีความสม่ำเสมอสูง และสามารถได้ตัวแทนของกองสินค้าที่มีความสมเหตุสมผลและลดความลำเอียงในการเก็บตัวอย่าง

4.2.3 การเก็บตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Sampling) คือ การเก็บตัวอย่างที่มีการแบ่งประชากรออกเป็น ส่วน ๆ แล้วเก็บตัวอย่างมาจากแต่ละชั้นโดยอิสระต่อกัน ซึ่งการเก็บตัวอย่างจากแต่ละชั้นสามารถใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอย่างง่าย หรือการเก็บตัวอย่างแบบแบ่งใช้ได้ เป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง โดยต้องให้ความสำคัญกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ (ประชุม, 2554) มักใช้กับสินค้าส่งมอบจากผู้ผลิตหลายรายซึ่งมีการจัดเรียงไว้เป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถแบ่งชั้นสินค้าเป็นรุ่นสินค้าย่อยที่มีความสม่ำเสมอของคุณภาพสินค้าภายในรุ่นย่อยได้

4.2.4 การเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (Biased or Estimated Worst Case Sampling) การเก็บตัวอย่างแบบเจาะจงต้องอาศัยวิจารณ์และประสบการณ์ของผู้เก็บตัวอย่างเกี่ยวกับกลุ่มประชากร รุนสินค้า เพื่อใช้ข้อมูลเหล่านี้ประกอบการตัดสินใจกำหนดการเก็บตัวอย่างขึ้นต้น โดยเน้นเก็บตัวอย่างในตำแหน่งที่มีความเสี่ยงสูงที่จะพบยาตัวตกค้างซึ่งเป็นตัวแปรควบคุม ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่างนี้ไม่ได้อยู่บนพื้นฐานการอ้างอิงจากหลักสถิติ จึงไม่สามารถสรุปเป็นระดับคุณภาพของ รุนสินค้าส่งมอบนั้นได้

5. การกำหนดขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

5.1 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับกระบวนการเก็บตัวอย่างแบบไม่มีอคติ (Non - Biased Sampling)

การเก็บตัวอย่างแบบไม่มีอคติคือ กระบวนการเก็บตัวอย่างที่อ้างอิงพื้นฐานทางสถิติ โดยการกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขนาดตัวอย่าง และเงื่อนไขการยอมรับสินค้า แผนการเก็บตัวอย่างจะสอดคล้องกับขนาด รุนสินค้า ถ้า รุนสินค้า ขนาดใหญ่กว่า 5,000 หน่วย ควรใช้หลักทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไบโนเมียล (Binomial Distribution) ส่วนกรณีที่ รุนสินค้า มีขนาดเล็กควรใช้หลักทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไฮเปอร์จีโอเมตริกซ์ (Hypergeometric Distribution) ในการกำหนดขนาดตัวอย่างเพื่อตรวจสอบและยอมรับ รุนสินค้า

การตรวจตัวอย่างด้วยการเก็บตัวอย่างบนหลักการทางสถิติ เป็นการประเมินประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้ระบบประกันและควบคุมคุณภาพ สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด (System Validation) ตารางที่ 2 แสดงการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับตรวจ รุนสินค้า ที่มีสัดส่วนของเสียปริมาณต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขการตรวจพบสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานอย่างน้อย 1 ชิ้น จากตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นในการตรวจพบที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 90% 95% และ 99% ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เพื่อให้สามารถตรวจพบสินค้าไม่ผ่านมาตรฐานอย่างน้อย 1 ชิ้น จากฐานสินค้าที่ทราบระดับคุณภาพหรือสัดส่วนสินค้าที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

สัดส่วนสินค้าไม่ผ่านมาตรฐานในรุ่น (%)	จำนวนตัวอย่าง (n) ที่ระดับความเชื่อมั่นในการตรวจสอบ		
	90%	95%	99%
35	6	7	11
30	7	9	13
25	9	11	17
20	11	14	21
15	15	19	29
10	22	29	44
5	45	59	90
1	230	299	459
0.5	460	598	919
0.1	2302	2995	4603

ที่มา: Codex Committee on Residues of Veterinary Drugs in Foods (2009)

จากตารางที่ 2 ตัวอย่างการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในการตรวจพบสินค้าไม่ได้มาตรฐาน 1 ชิ้น โดยเมื่อตรวจรุ่นสินค้าที่มีสัดส่วนไม่ได้มาตรฐานร้อยละ 5 ของรุ่นสินค้า ต้องกำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 59 ชิ้น หรือการตรวจสินค้าระดับคุณภาพเดียวกัน แต่ต้องการเพิ่มระดับความเชื่อมั่นเป็น 99% ในการตรวจพบสินค้าไม่ผ่านมาตรฐาน 1 ชิ้นในตัวอย่าง ต้องกำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 90 ชิ้น โดยการกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) สัมพันธ์กับคุณภาพรุ่นสินค้าซึ่งแสดงด้วยสัดส่วนสินค้าที่ไม่ผ่านมาตรฐานในตัวอย่าง พบว่าเมื่อต้องตรวจรุ่นสินค้าที่คุณภาพดี และต้องการความมั่นใจในการตรวจพบสินค้าที่ไม่ได้ตามมาตรฐานสูง ขนาดตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 3 สรุปโอกาสในการตรวจไม่พบสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานเลยในตัวอย่างขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบเมื่อทำการตรวจรุ่นสินค้าที่ระดับคุณภาพแตกต่างกัน จากตารางจะพบว่าถ้ากำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบน้อยเพื่อตรวจสอบรุ่นสินค้าที่คุณภาพดี โอกาสที่จะตรวจไม่พบสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานในตัวอย่างดังกล่าวจะสูงมาก โดยความสัมพันธ์ของขนาดตัวอย่าง และความสามารถในการตรวจพบสินค้าไม่ได้มาตรฐานเมื่อตรวจรุ่นสินค้าที่คุณภาพต่าง ๆ สามารถสรุปในตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งมีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 3 โอกาสของการตรวจไม่พบสินค้าตกมาตรฐานในตัวอย่างขนาดตามกำหนด

สัดส่วน สินค้าตก มาตรฐาน ในรุ่นสินค้า (% Prevalence)	จำนวนขนาดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ (n)									
	5	10	25	50	75	100	200	250	500	1000
1	0.951	0.904	0.779	0.605	0.471	0.366	0.134	0.081	0.007	0.000
2	0.904	0.817	0.603	0.364	0.220	0.133	0.018	0.006	0.000	
3	0.859	0.737	0.467	0.218	0.102	0.048	0.002	0.000		
4	0.815	0.665	0.360	0.130	0.047	0.017	0.000			
5	0.774	0.599	0.277	0.077	0.021	0.006				
6	0.734	0.539	0.213	0.045	0.010	0.002				
7	0.696	0.484	0.163	0.027	0.004	0.001				
8	0.659	0.434	0.124	0.015	0.002	0.000				
9	0.590	0.389	0.095	0.009	0.001					
10	0.528	0.349	0.072	0.005	0.000					
12	0.470	0.279	0.041	0.002						
14	0.418	0.221	0.023	0.001						
16	0.371	0.175	0.013	0.000						
18	0.328	0.137	0.007							
20	0.254	0.107	0.004							
24	0.193	0.064	0.001							
28	0.193	0.037	0.000							
32	0.145	0.021								
36	0.107	0.012								
40	0.078	0.006								
50	0.031	0.001								
60	0.010	0.000								

ที่มา: Codex Committee on Residues of Veterinary Drugs in Foods (2009)

5.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (Targeted Sampling)

การเก็บตัวอย่างแบบเจาะจงแตกต่างจากการเก็บตัวอย่างแบบไม่มีอคติ มักเกิดขึ้น ณ ด้านตรวจสินค้า โดยเจ้าหน้าที่ด้านตรวจเป็นผู้กำหนดจุดการเก็บตัวอย่างที่คาดการณ์ว่าจะพบสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน การเก็บตัวอย่างแบบนี้ไม่สามารถใช้สรุปคุณภาพโดยรวมของรุ่นสินค้าได้ เพียงแต่เป็นการเก็บตัวอย่างเพื่อการทวนสอบถึงประสิทธิผลของระบบประกันคุณภาพของผู้ผลิตสินค้าเท่านั้น

การกำหนดตัวอย่างของการเก็บแบบเจาะจงกรณีรุ่นสินค้าที่มีความน่าสงสัย โดยปกติไม่มีการระบุจำนวนแน่ชัด การเก็บตัวอย่างแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ตรวจสอบ แต่ในกรณีที่เกิดความน่าสงสัยเกี่ยวกับคุณภาพในรุ่นสินค้า ผู้ตรวจสอบสามารถเลือกเก็บตัวอย่างสินค้าได้ตั้งแต่ 6 ชิ้นถึง 30 ชิ้น ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของสินค้าที่น่าสงสัย กรณีที่มีการกระจายตัวทั่วรุ่นสินค้า อาจจะเลือกเก็บตัวอย่างในจำนวนน้อยได้

รุ่นสินค้าที่มีความน่าสงสัยสำหรับการเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ สินค้าที่มีประวัติพบปริมาณสารตกค้างเกินเกณฑ์ควบคุม การเกิดเหตุการณ์การปนเปื้อนระหว่างการขนส่ง การสังเกตพบอาการผิดปกติในรุ่นสินค้า หรือสินค้าที่ส่งมาจากประเทศที่ไม่มีการทวนสอบระบบควบคุมการใช้ยาสัตว์ในสินค้า

6. การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

กิจกรรมการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างที่ควบคุมในตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุดในสินค้า ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการควบคุมการใช้ยาสัตว์ในสินค้าปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาเลียงเพื่ออาหาร การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างจากยาสัตว์ที่มีความน่าเชื่อถือต้องผ่านการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งการตรวจสอบสมรรถนะของวิธีการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณสารตกค้างจากยาสัตว์ ต้องมีการแสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการวัดค่าเชิงปริมาณเพื่อการระบุปริมาณหรือการตรวจพบสารตกค้างที่ต้องการควบคุม โดยควรระบุรายละเอียดชนิดสารตกค้าง ตัวกำหนด (Marker Residue) ซึ่งเป็นปริมาณสารตกค้างที่ใช้ในการสรุปสถานการณ์การได้รับยาของสินค้า (Exposure to The Drug) และ

สอดคล้องกับการกำหนดระดับสารตกค้างสูงสุดที่ยอมให้พบ (MRL) ในสินค้า รายละเอียดของ ชนิดผลิตภัณฑ์ในขอบข่ายการวิเคราะห์ (Matrices) และส่วนกล้ำเนื้อในผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์ (Target Edible Tissue) จะกำหนดจากกล้ำเนื้อหรืออวัยวะที่มีโอกาสพบสารตกค้างตัวกำหนด (Marker Residue) ในปริมาณสูงสุด ตัวอย่างกล้ำเนื้อดังกล่าวเช่น ส่วนที่เป็นไขมัน กล้ำเนื้อ ดับ หรือไต เป็นต้นระดับความเข้มข้นของสารตกค้างที่สามารถตรวจได้ และการระบุถึงวัตถุประสงค์ของการตรวจวิเคราะห์

6.1 การจัดการคุณภาพการทำงานของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (Quality Management)

ห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีระบบจัดการคุณภาพการทำงาน และ กิจกรรมการควบคุมคุณภาพการทำงานของห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทำงาน ได้สม่ำเสมอ ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำสูง และให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ โดยระบบ การจัดการคุณภาพการทำงานของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ควรมีความสอดคล้องกับหลักปฏิบัติตาม มาตรฐานสากล ซึ่งกิจกรรมในส่วนนี้ประกอบด้วย

6.1.1 การจัดทำขั้นตอนการควบคุมคุณภาพการทำงาน (Quality Control Procedure)

โดยใช้กระบวนการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการเคมี

6.1.2 การร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญทางห้องปฏิบัติการทดสอบ (Proficiency Test)

เพื่อเทียบระดับสมรรถนะและมาตรฐานการวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการทดสอบอื่น ๆ

6.1.3 การขอรับรองความชำนาญห้องปฏิบัติการบนระบบ ISO/IEC 17025: 2005

เพื่อรับรองคุณภาพและความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการทดสอบ

6.1.4 การจัดทำทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Validate Method) เพื่อ

ความเหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ (Fit – for - Purpose) โดยมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการ ตรวจสอบ และดูระดับสมรรถนะของวิธี (Performance Limits) จากการทำการศึกษาเปรียบเทียบกับ วิธีอื่น (Collaborative Study)

6.2 ประเภทและการศึกษาสมรรถนะของวิธีวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างในสินค้าปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหารที่นำเชื้อมี ต้องมีการวิเคราะห์ตรวจสอบสอดคล้องกับการกำหนดระดับสารตกค้างสูงสุดที่ยอมรับให้พบ (MRL) ในสินค้า การวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างสามารถแบ่งได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์เพื่อตรวจหาสารตกค้าง (Screening Method) การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) และการตรวจเพื่อยืนยัน (Confirm Method) และเพื่อเป็นการประเมินความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เป็นการแสดงความเชื่อมั่นว่าวิธีวิเคราะห์บรรลุวัตถุประสงค์ และต้องการประเมินสมรรถนะของแต่ละวิธีซึ่งจะพิจารณาจากประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 การวิเคราะห์เพื่อตรวจหาสารตกค้าง (Screening Method) เป็นวิธีการตรวจเพื่อหาสารตกค้าง โดยไม่มีการระบุข้อมูลความเข้มข้นหรือโครงสร้างทางเคมีของสารตกค้าง โดยมีการพิจารณาจากค่าระดับความไวในการวิเคราะห์ (Sensitivity) แสดงด้วยระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีวิเคราะห์ตรวจจับได้ ซึ่งกำหนดโดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ และค่าความสามารถในแยกกลุ่มสารตกค้างเป้าหมายออกจากสารกลุ่มอื่น (Selectivity)

6.2.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณของปริมาณยาสัตว์ตกค้างในสินค้า ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณต้องอยู่ภายใต้การใช้หลักการทางสถิติ เพื่อความแม่นยำและน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากข้อมูลการวิเคราะห์คือ ค่าความสามารถในแยกกลุ่มสารตกค้างเป้าหมายออกจากสารกลุ่มอื่น (Selectivity) ค่าแสดงความสามารถในการระบุปริมาณความเข้มข้นของสารตกค้าง (Accuracy) ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นไปตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยมีความกับระดับความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์ และค่าแสดงความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์เพื่อระบุปริมาณในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ (Repeatability) และการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการหลายแห่ง (Reproducibility)

6.2.3 การตรวจเพื่อยืนยัน (Confirm Method) เป็นกระบวนการตรวจเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์สารตกค้างให้มีความชัดเจน พิจารณาจากค่าความสามารถในการแยกสารตกค้างเป้าหมายในระดับโครงสร้างทางเคมีหรือโมเลกุลของสารตกค้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเคมี โดยจะใช้วิธีวิเคราะห์เช่น การใช้หลัก High Resolution Mass

Spectrometer หรือหลักด้าน Chromatographic Systems และบางครั้งอาจใช้หลักการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุล (Morphologic Change Observation) ได้ด้วย

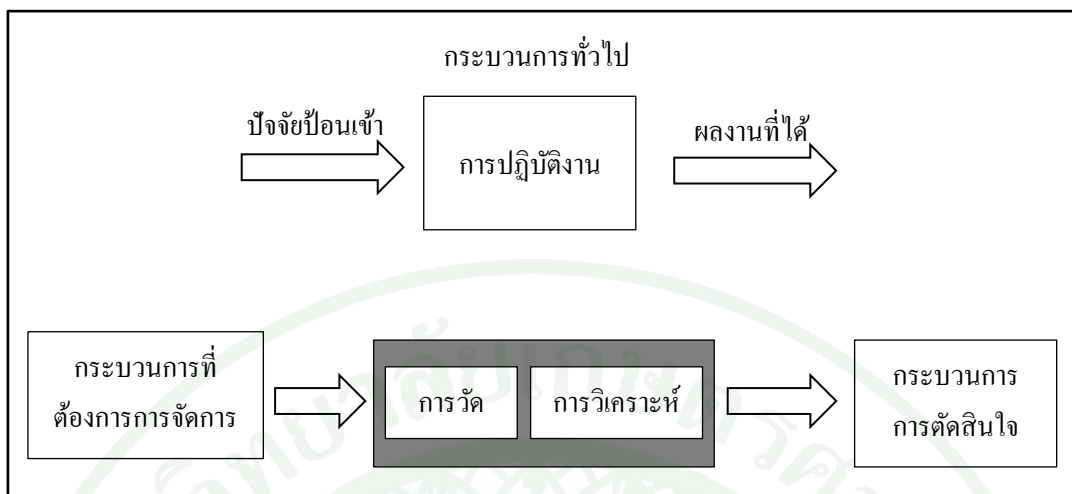
การสร้างระบบประกันความปลอดภัยด้านยาสัตว์ในปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหารที่มีประสิทธิภาพ ควรพิจารณาโครงสร้างระบบ ให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างการดำเนินการของกลุ่มผู้ประกอบการภายในโซ่อุปทาน ซึ่งมีหน้าที่ดูแลคุณภาพความปลอดภัยของตน ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมและประกันคุณภาพภายใต้หลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ซึ่งมีส่วนในการกำกับดูแลด้านการใช้ยาสัตว์ โดยระบบการกำกับดูแลควรสอดคล้องกับคุณภาพด้านการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงของการใช้ยาสัตว์ในโซ่อุปทานการผลิต เพื่อกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) และเพื่อตรวจสอบควบคุมการใช้ปริมาณยาในการผลิตให้อยู่ในระดับควบคุม ตลอดจนการประเมินและหาแนวทางการแก้ไขกรณีเกิดปัญหาการใช้ยาสัตว์ตกค้างเกินเกณฑ์ควบคุม นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงระบบฐานข้อมูลกลางระดับประเทศที่ให้ข้อมูลด้านชนิดยาสัตว์ สถานการณ์ความเสี่ยงของการใช้ยาสัตว์ในโซ่อุปทานภายในประเทศ เพื่อใช้เป็นเครื่องแสดงความน่าเชื่อถือในการควบคุมและเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหากรณีสารตกค้างยาสัตว์เกินได้ และเพื่อความเชื่อมั่นของระบบกำกับดูแลดังกล่าว และการเก็บตัวอย่างและคุณภาพของผลวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ก็มีความสำคัญต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ของระบบประกันความปลอดภัยด้านยาสัตว์เช่นกัน

ระบบการวัดและการประกันคุณภาพ

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้า ต้องอาศัยระบบการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตสินค้า เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และมีคุณลักษณะตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคนั้น ผู้ผลิตต้องมีการดำเนินการควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิตให้มีความสม่ำเสมอ รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ลูกค้าเกิดความเชื่อมั่นในคุณภาพของสินค้า กิจกรรมดังกล่าวคือ การประกันคุณภาพ (Quality Assurance) หมายถึง กิจกรรมอย่างมีระบบและได้รับการวางแผนไว้ล่วงหน้าสำหรับนำมาใช้ในระบบคุณภาพและสามารถแสดงผลได้ตามที่ต้องการ เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และระบบจะตอบสนองต่อความต้องการด้านคุณภาพอย่างครบถ้วน (กิตติศักดิ์, 2553) ซึ่งระบบการวัดเป็นหนึ่งในระบบที่สนับสนุนให้การประกันคุณภาพสินค้ามีประสิทธิภาพ เนื่องจากผลของการวัดวิเคราะห์สามารถใช้ในการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า เพื่อการควบคุมคุณภาพ และปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

1. ระบบการวัด

ระบบการวัดเป็นกระบวนการที่มีผลต่อการตัดสินใจในการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีความสำคัญต่อกระบวนการบริหารคุณภาพและการประกันคุณภาพ โดย Eisenhart (1963) ให้คำจำกัดความไว้ว่า การวัด หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยสมบัติเฉพาะ โดยสมบัติที่กล่าวถึงนี้ อาจจะเป็นลักษณะทางกายภาพหรือเคมีก็ได้ (กิตติศักดิ์, 2553) กระบวนการวัดส่วนมากจะแสดงออกออกมาในรูปของตัวเลข เพื่อความสะดวกในการประเมินผล ซึ่งปัจจุบันรูปแบบของหน่วยการวัดในระดับเทคโนโลยีนั้น มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ระบบการวัดมากที่สุด เนื่องจากเป็นหน่วยของการวัดที่ใช้กันทั่วไป ทั้งนี้ระบบการวัดย่อมมีความเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์การวัด มาตรฐานการปฏิบัติงาน บุคลากร หรือเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบการวัด



ภาพที่ 7 ระบบการวัดในรูปของกระบวนการ

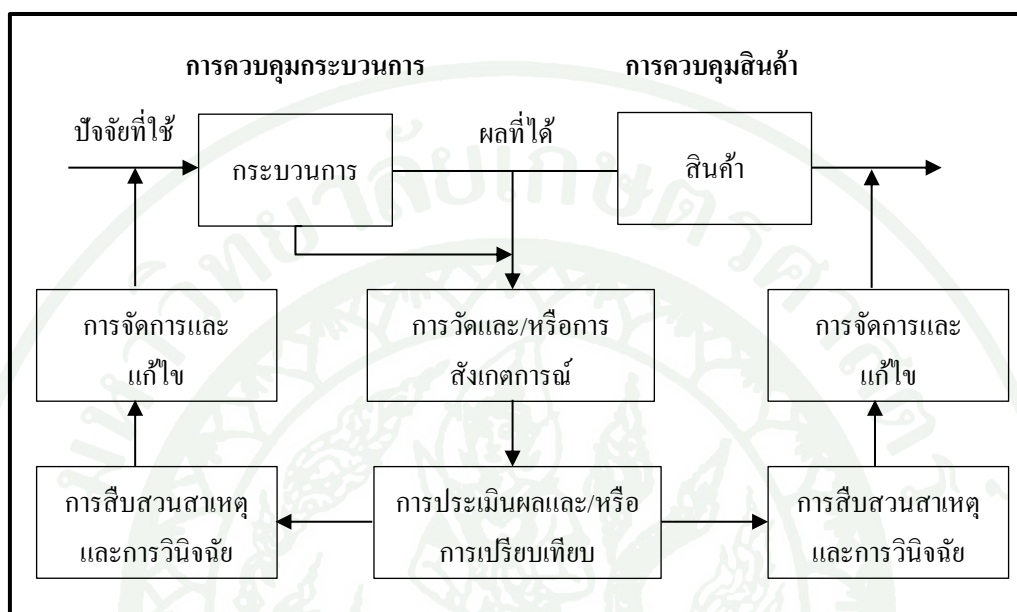
ที่มา: กิตติศักดิ์ (2553)

ภาพที่ 7 แสดงระบบการวัดดำเนินการในรูปของกระบวนการ มีองค์ประกอบจากปัจจัยป้อนเข้า (Input) ที่สามารถวัดได้ เข้าสู่การปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ปัจจัยป้อนเข้า ประกอบด้วยระบบของบุคคล วิธีการ เครื่องจักรอุปกรณ์ และวัตถุดิบ ซึ่งมีกระบวนการวัดและวิเคราะห์ เพื่อประเมินผลด้วยการตัดสินใจเปรียบเทียบกับข้อกำหนดในการผลิต เพื่อพิจารณาถึงความบกพร่อง และดำเนินการแก้ไขให้มีความเหมาะสมตามสาเหตุของปัญหา

1.1 บทบาทของระบบการวัดต่อการประกันคุณภาพ

การประกันคุณภาพเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ ต้องมีระบบการวัดเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการประกันคุณภาพสินค้า เนื่องจากในการตัดสินใจเพื่อควบคุมและปรับปรุงกระบวนการผลิต รวมทั้งการตัดสินใจคุณภาพสินค้า โดยการควบคุมกระบวนการผลิตมีนำข้อมูลจากการวัดผลลัพธ์จากกระบวนการ แล้วทำการประเมินผลการตัดสินใจ ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดด้านคุณภาพของสินค้า เพื่อพิจารณาว่าสินค้ามีข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือสินค้าที่ผลิตเป็นไปตามข้อกำหนด จากนั้นจึงมีกระบวนการดำเนินการปรับแก้ไขให้มีความเหมาะสม ได้แก่ การทำลาย การปรับเกรดสินค้าให้ต่ำลง เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องของสินค้า เพื่อการแก้ไขและการป้องกันต่อไป โดยกระบวนการตรวจจับความ

ผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การปรับแก้ไข การสืบหาสาเหตุ และการป้องกันปัญหา ดังกล่าว นับเป็นการควบคุมกระบวนการซึ่งอาศัยระบบการวัดข้อมูลที่แสดงถึงความแปรผันของกระบวนการ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 บทบาทของระบบการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและสินค้า

ที่มา: กิตติศักดิ์ (2553)

ภาพที่ 8 แสดงบทบาทของระบบการวัดต่อการควบคุมกระบวนการและสินค้า ซึ่งการควบคุมกระบวนการต้องอาศัยระบบการวัดหรือการสังเกตการณ์ของกระบวนการผลิตสินค้า ตั้งแต่กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบ หรือระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการ โดยกิจกรรมดังกล่าวสามารถนำไปประกอบการประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสามารถสืบสวนเพื่อหาสาเหตุ และแก้ไขป้องกันปัญหา ซึ่งระบบการวัดมีความสำคัญต่อกระบวนการประกันคุณภาพเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจด้านคุณภาพของสินค้า รวมถึงการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.2 คุณสมบัติของระบบการวัด

ระบบการวัดที่ดีย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการประกันคุณภาพดีตามไปด้วย เนื่องจากระบบการวัดนั้นเกิดจากองค์ประกอบของปัจจัยหลายประการ ได้แก่ เครื่องมือวัด ความชำนาญของบุคลากร เป็นต้น และผลการวัดวิเคราะห์จะมีความสัมพันธ์กันระหว่างสาเหตุและผล โดยทั่วไประบบการวัดที่ดีนั้นมีคุณสมบัติพื้นฐาน 4 ประการดังนี้ (กิตติศักดิ์, 2553)

1.2.1 มีความไว (Sensitivity) ระบบการวัดที่ดีจะต้องมีความไวและสามารถแยกความแตกต่างของค่าที่วัดได้อย่างเพียงพอ โดยส่วนเพิ่มของค่าวัดควรจะมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรผันของกระบวนการ หรือขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อกำหนดเฉพาะ คุณสมบัติด้านความไวต้องพิจารณาถึงเครื่องมือที่ใช้วัด ควรมีความสามารถเพียงพอในการแยกความแตกต่าง โดยสามารถตรวจจับและบ่งชี้ได้อย่างถูกต้อง

1.2.2 ระบบการวัดจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ คือ ทำให้ความแปรผันของค่าวัดได้เป็นไปตามสาเหตุโดยธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้ระบบการวัดมีคุณสมบัติที่ดีด้านความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)

1.2.3 การควบคุมสินค้า ระบบการวัดต้องมีความแปรผันน้อยเมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนยินยอมของข้อกำหนดเฉพาะ

1.2.4 การควบคุมกระบวนการ ความแปรผันของระบบการวัดต้องมีคุณสมบัติที่แยกความแตกต่างของสินค้าได้ และต้องมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความผันแปรของกระบวนการผลิต

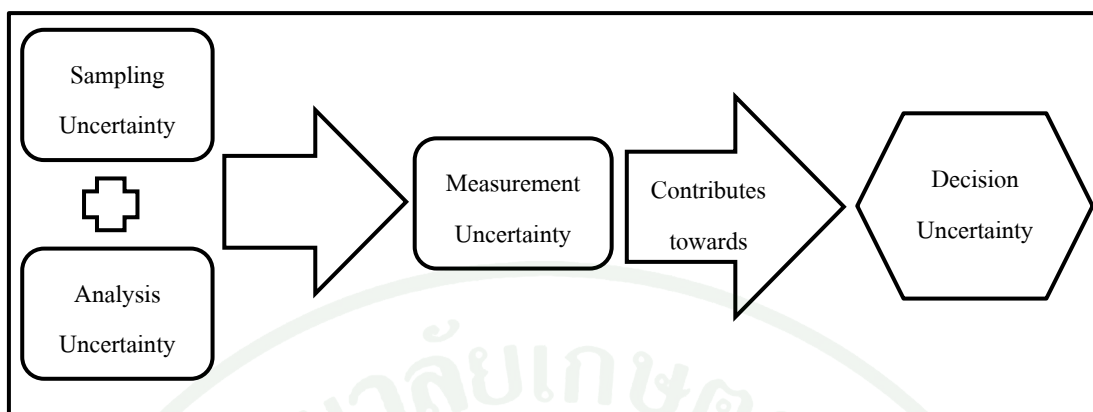
ระบบการวัดที่ดีและตรงตามคุณสมบัติพื้นฐานนั้น ทำให้ได้ค่าจากการวัดที่มีความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามภายใต้ระบบการวัดที่ดี ค่าที่ได้จากการวัดย่อมมีความแปรผันเสมอ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ ถ้าพิจารณาถึงกระบวนการวัดพบว่า ทุก ๆ กระบวนการสามารถเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนมากเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด ความคลาดเคลื่อนของพนักงานวัด ซึ่งอาจเกิดจากการขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัด โดยความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ สามารถดำเนินการและควบคุมระบบการวัดให้เป็นมาตรฐาน นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังเกิดจากปัจจัยภายนอก และความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุโดยธรรมชาติ

2. ความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty)

ระบบการวัดมีความสำคัญในการตัดสินใจเพื่อการประกันคุณภาพที่ดี โดยระบบการวัดด้วยเครื่องมือ หรือความชำนาญของพนักงานนั้นย่อมเกิดความคลาดเคลื่อนได้เสมอ แต่อย่างไรก็ตามการได้ข้อมูลจากการวัดที่มีคุณภาพ ต้องการให้ระบบการวัดมีความแม่นยำสูงที่สุด ต้องพยายามทำให้ความผิดพลาดของค่าที่วัดน้อยที่สุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจในระบบการวัดเพื่อให้ข้อมูลจากการวิเคราะห์มีคุณภาพ ซึ่งถูกวิเคราะห์ออกมาในรูปของค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด เพื่อเป็นเครื่องมือในการสอบเทียบระบบของการวัดทำให้ผลของการวัดมีความน่าเชื่อถือ ให้ความชัดเจนของผลการวิเคราะห์ ซึ่งค่าความไม่แน่นอนอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้หรือไม่

2.1 ปัจจัยของความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด

ความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าขึ้นอยู่กับค่าความไม่แน่นอน โดยความไม่แน่นอนดังกล่าวมีผลจากทั้งการสุ่มตัวอย่างและการวัดวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ค่าความไม่แน่นอนของการวัดเกิดจากปัจจัย 2 ประการหลักได้แก่ ความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) และความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ดังภาพที่ 9 ซึ่งค่าความไม่แน่นอนของการวัดส่งผลต่อการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า (Decision Uncertainty) โดยการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าจากค่าความไม่แน่นอนดังกล่าว มีการประมาณความไม่แน่นอนออกมาในรูปแบบเชิงปริมาณเพื่อให้ทราบถึงความไม่แน่นอนของการวัดทั้งหมด



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนและขั้นตอนการตัดสินใจ

ที่มา: ดัดแปลงจาก NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

ภาพที่ 9 แสดงให้เห็นปัจจัยหลักของความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดเกิดจากความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง และความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดน้อย เนื่องจากเป็นกระบวนการวิเคราะห์จากทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งห้องปฏิบัติการทดสอบในปัจจุบันได้รับการประกันคุณภาพตามระบบ ISO/IEC 17025: 2005 ซึ่งให้ความสำคัญด้านระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ การปฏิบัติการ ความพร้อมของเครื่องมือ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์โดยกำหนดให้มีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด และการจัดการด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อมให้มีความเหมาะสม จึงส่งผลให้ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่แน่นอนรวมของการวัดส่วนมากเกิดจากความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด การวิเคราะห์ และการเก็บตัวอย่าง

ข้อมูลตัวเลขค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด เป็นการแสดงถึงคุณภาพของผลการตรวจวิเคราะห์ เพื่อการตัดสินใจคุณภาพของสินค้า โดย ISO/IEC 17025: 2005 (EURACHEM, 2007) กำหนดให้รายงานค่าความไม่แน่นอนเป็นการแสดงค่าจริงที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์กับค่าความไม่แน่นอนรวมที่เกิดขึ้นดังสมการ

$$X = x \pm U \quad (1)$$

โดยที่ X คือ ผลการทดสอบตัวอย่าง

x คือ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง

U คือ ค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Measurement Uncertainty) ในหน่วยร้อยละ

ความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Measurement Uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) ดังกล่าวแสดงถึงความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของข้อมูล เกิดจากความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) โดยระบุค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Expanded Uncertainty; U) เป็นค่าที่เกิดจากการวัดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007)

เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวัด มีแหล่งปัจจัยสำคัญจากการเก็บตัวอย่าง และกระบวนการวิเคราะห์ค่า ซึ่งค่าความไม่แน่นอนจากการวัดนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่วัดได้จากข้อมูล สามารถสรุปได้ดังสมการ

$$S^2_{\text{Measurement}} = S^2_{\text{Sampling}} + S^2_{\text{Analysis}} \quad (2)$$

โดยที่ $S^2_{\text{Measurement}}$ คือ ค่าความแปรปรวนของกระบวนการวัด

S^2_{Sampling} คือ ค่าความแปรปรวนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง

S^2_{Analysis} คือ ค่าความแปรปรวนของกระบวนการวิเคราะห์

จากสมการที่ 2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองหรือค่าความแปรปรวน (Variance; S^2) ของกระบวนการวัด เกิดจากผลรวมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองของกระบวนการเก็บตัวอย่างและกระบวนการวิเคราะห์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวแสดงถึงความสม่ำเสมอของข้อมูล ซึ่งได้จากการวางแผนการทดลองโดยกำหนดปัจจัยศึกษาให้สอดคล้องกับการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่างและกระบวนการวิเคราะห์

2.3 การบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของกระบวนการวัด (Fit of Use)

ความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าขึ้นอยู่กับ ค่าความไม่แน่นอนรวมของกระบวนการวัดทั้งหมด โดยการบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของกระบวนการวัดต้องพิจารณาถึงปัจจัยระดับของสินค้าในอุตสาหกรรมปัจจุบันร่วมกับค่าความไม่แน่นอนของการวัด เทียบกับปัจจัยเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้า (Enforcement Limit)

ตัวอย่างการพิจารณาตัดสินความเหมาะสมของกระบวนการวัด จากการวัดความเข้มข้นของไนเตรทในผักกาดหอม ตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ทดสอบเป็นตัวอย่างรวมในแต่ละรุ่นของการผลิต เปรียบเทียบกับเกณฑ์ควบคุมความเข้มข้นของไนเตรทต้องไม่เกินระดับสูงสุดที่กำหนดคือ 4,500 mg/kg และรายงานผลการวิเคราะห์รวมกับค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้ร้อยละ 16.40 ของผลการวิเคราะห์ โดยการพิจารณาค่าเฉลี่ยไนเตรทที่วัดได้จากตัวอย่างรวมกับค่าความไม่แน่นอน เทียบกับเกณฑ์ควบคุม ได้แก่ รุ่นการผลิต G มีค่าเฉลี่ยไนเตรทประมาณ 3,028 mg/kg เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนร้อยละ 16.40 ของค่าเฉลี่ย จะได้ค่าวัดที่เป็นไปได้ประมาณ 2,531 - 3,525 mg/kg เมื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุมที่ระดับ 4,500 mg/kg พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในขอบเขตเกณฑ์ควบคุม ดังนั้นรุ่นการผลิต G มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (EURACHEM, 2007)

ค่าความไม่แน่นอนรวมที่ประมาณได้ สามารถชี้ถึงความเหมาะสมของกระบวนการวัดค่าที่ใช้ในปัจจุบันได้ ในกรณีที่พบค่าเฉลี่ยคุณภาพของสินค้า มีระดับใกล้เคียงกับเกณฑ์ค่าควบคุม เมื่อรวมค่าความไม่แน่นอนที่มีระดับสูง จะทำให้เกิดความไม่ชัดเจนในการตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า ซึ่งแนวทางการปรับลดค่าความไม่แน่นอนทำได้โดยการปรับปรุงระบบคุณภาพของกระบวนการวัด ตั้งแต่การปรับวิธีการเก็บตัวอย่าง เช่น การเพิ่มจำนวนเก็บตัวอย่าง การเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่จะส่งให้ห้องปฏิบัติการ และการปรับปรุงระบบการวิเคราะห์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลการตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุ่นสินค้า

การเก็บตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างเป็นกระบวนการสำคัญในการประกันคุณภาพสินค้า เนื่องจากการประกันคุณภาพต้องใช้ระบบการวัดในการตัดสินใจเพื่อการตัดสินใจคุณภาพรุ่นของสินค้า รวมถึงการตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพ ซึ่งการได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพต้องมีการเก็บตัวอย่างสินค้าเพื่อการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นการวางแผนและดำเนินการเก็บตัวอย่างที่มีคุณภาพ เพื่อการตรวจวิเคราะห์และการประมาณความไม่แน่นอนของการวัดให้มีความน่าเชื่อถือควรคำนึงถึงการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย ความรู้ทางทฤษฎีเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง ลักษณะโดยทั่วไปของตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

1. การประกันคุณภาพในการเก็บตัวอย่าง

การประกันคุณภาพกระบวนการเก็บตัวอย่าง คือ การกำหนดและควบคุมกระบวนการของขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง เพื่อจุดประสงค์หลักของการได้มาซึ่งตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าที่ต้องการตรวจวิเคราะห์และนำสู่ความน่าเชื่อมั่นในการสรุปคุณภาพสินค้าจากผลการสุ่มตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ (Acceptance Sampling) ซึ่งการจัดทำการประกันคุณภาพของกระบวนการเก็บตัวอย่าง ควรประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ (ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552) ดังนี้

ประการที่ 1 คือ ความเชี่ยวชาญของผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานเก็บตัวอย่าง (Competence Requirement) ซึ่งต้องมีทักษะที่สำคัญสำหรับงานการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ความเข้าใจในคุณลักษณะของกระบวนการผลิตและตัวสินค้า ทฤษฎีและความชำนาญด้านการใช้เครื่องมือและวิธีการสุ่มตัวอย่าง องค์ประกอบสินค้าที่มีผลต่อการวิเคราะห์ หลักการทำงานและการสอบเทียบของการวิเคราะห์ และวิธีการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเก็บตัวอย่าง

ประการที่ 2 คือ ความเข้าใจและความสามารถในการประเมินคุณภาพของกระบวนการเก็บตัวอย่างผ่านการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ซึ่งเป็นตัวเลขแสดงถึงระดับความสม่ำเสมอและคุณภาพของกระบวนการเก็บตัวอย่างที่ใช้อยู่เป็นประจำว่าเป็นไปตามกำหนดเดิม พร้อมทั้งมีความเหมาะสมกับสถานการณ์การใช้งานเมื่อใช้ตัวอย่างที่ได้ในการเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าเพื่อตัดสินใจคุณภาพ

ประการที่ 3 คือ การจัดทำระบบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานการเก็บตัวอย่าง เพื่อควบคุมความสม่ำเสมอและความน่าเชื่อถือของงานการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยเอกสารหลักการเก็บตัวอย่าง (Sampling Method) ซึ่งอธิบายถึงหลักการทั่วไปของวิธีการเก็บตัวอย่าง เอกสารขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Procedure) สำหรับการใช้งานจริงโดยจะแสดงวิธีการเก็บตัวอย่างที่ใช้ เอกสารรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling Field Report) มีการบรรยายลักษณะของตัวอย่างที่พบ เอกสารรายงานการจัดส่งตัวอย่าง (Chain and Custody Report) ระบุวิธีการจัดเก็บตัวอย่าง การขนส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการ และเอกสารของการระบุในรายงานการตรวจวิเคราะห์สินค้า (Sampling Report) แสดงรูปแบบและรายละเอียดการบันทึกกระบวนการเก็บตัวอย่าง สภาพแวดล้อม การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

นอกจากนี้ระบบ ISO/IEC 17025: 2005 ซึ่งเป็นข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ได้ระบุมาตรฐานเกี่ยวกับกระบวนการเก็บตัวอย่าง และการจัดการกับตัวอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 กระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling)

1.1.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีแผนการเก็บตัวอย่าง และวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งต้องจัดให้มีไว้ใช้ ณ สถานที่ซึ่งทำการเก็บตัวอย่าง กรณีที่ห้องปฏิบัติการดำเนินกิจกรรมเก็บตัวอย่าง แผนการเก็บตัวอย่างควรใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสม กระบวนการเก็บตัวอย่างต้องระบุปัจจัยที่ต้องควบคุมเพื่อให้มั่นใจว่าผลวิเคราะห์หรือสอบเทียบจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.1.2 เมื่อลูกค้ามีความต้องการเพิ่มเติม หรือไม่ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างตามเอกสารขั้นตอนการชักตัวอย่างของห้องปฏิบัติการ จะต้องมีการบันทึกไว้พร้อมข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม และระบุข้อมูลดังกล่าวในเอกสารที่แจ้งผลวิเคราะห์หรือสอบเทียบ รวมทั้งแจ้งผู้เกี่ยวข้องให้ทราบ

1.1.3 ห้องปฏิบัติการจะต้องมีเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการดำเนินการเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ทดสอบหรือสอบเทียบบันทึก จะต้องระบุวิธีการชักตัวอย่างที่ใช้ ผู้ทำการเก็บตัวอย่าง สภาพแวดล้อม แผนผังหรือวิธีการอื่น ซึ่งแสดงจุดหรือตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

1.2 การจัดการกับตัวอย่าง (Handling of Test and Calibration Items)

1.2.1 ห้องปฏิบัติการต้องมีเอกสารขั้นตอนการขนส่ง การรับ การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ การจำหน่ายและทิ้งทำลายวัตถุตัวอย่าง รวมทั้งเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการป้องกันการเสื่อมสภาพของวัตถุตัวอย่าง และผลประโยชน์ของห้องปฏิบัติการและลูกค้า

1.2.2 ห้องปฏิบัติการต้องมีระบบการชี้บ่งวัตถุตัวอย่าง หลักฐานการชี้บ่งจะต้องติดอยู่กับวัตถุตัวอย่างตลอดระยะเวลาที่วัตถุตัวอย่างนั้น ยังคงอยู่ในความรับผิดชอบของห้องปฏิบัติการ ซึ่งระบบดังกล่าวต้องมีการออกแบบและดำเนินการเพื่อให้มั่นใจว่า วัตถุตัวอย่างจะไม่มี การสับเปลี่ยนหรือสับสนกับตัวอย่างอื่น และการอ้างถึงในบันทึกผลหรือเอกสารที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ รวมทั้งระบบจะต้องช่วยในการจัดแบ่งประเภทและการเคลื่อนย้ายวัตถุตัวอย่างภายในห้องปฏิบัติการหรือนำออกจากห้องปฏิบัติการ

1.2.3 ขณะรับวัตถุตัวอย่างเข้ายังห้องปฏิบัติการ ต้องทำการบันทึกสิ่งผิดปกติหรือสภาพที่ต่างจากปกติหรือต่างจากที่ระบุในวิธีการวิเคราะห์หรือสอบเทียบ เมื่อสงสัยเกี่ยวกับความเหมาะสมของวัตถุตัวอย่างหรือกรณีที่วัตถุตัวอย่างไม่สอดคล้องกับลักษณะที่ระบุในการนำส่ง หรือมีการให้ข้อมูลไม่เพียงพอ ห้องปฏิบัติการจะต้องปรึกษากับลูกค้าเพื่อขอคำแนะนำก่อนที่จะดำเนินการต่อไป และให้บันทึกการปรึกษาไว้ด้วย

1.2.4 ห้องปฏิบัติการจะต้องมีเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในการป้องกันการเสื่อมสภาพ การสูญหายหรือการเสียหายของวัตถุตัวอย่างในระหว่างการเก็บรักษา การเคลื่อนย้ายวัตถุตัวอย่างจะตัวอย่างปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด เมื่อต้องมีการเก็บรักษาวัตถุตัวอย่างหรือปรับสภาพที่สภาวะแวดล้อมที่กำหนด ห้องปฏิบัติการจะต้องรักษาสภาพที่ระบุตรวจสอบความถูกต้องและบันทึกไว้เป็นหลักฐาน เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาความปลอดภัยของวัตถุตัวอย่าง ห้องปฏิบัติการจะต้องมีการจัดการสำหรับการเก็บรักษาและการรักษาความมั่นคงปลอดภัยที่สามารถป้องกันสภาพและความสมบูรณ์ของวัตถุตัวอย่างไว้ได้

2. การสร้างวิธีการเก็บตัวอย่าง

การสร้างวิธีการเก็บตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงหลักประกันคุณภาพของการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าที่ต้องรายงานสภาพตัวอย่าง เพื่อแสดงลักษณะรุ่นของสินค้า วิธีการเก็บตัวอย่าง การจัดเก็บรักษาตัวอย่าง การส่งตัวอย่างวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับปฏิบัติงาน รวมทั้งข้อมูลความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปสรุปในเอกสารรายงานการเก็บตัวอย่าง สามารถสรุปขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) ได้ดังนี้

2.1 สรุปข้อมูลของสินค้า สถานการณ์การผลิตสินค้า กระบวนการผลิตสินค้า การควบคุมมาตรฐานในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งหมด เพื่อสร้างวิธีการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมตามสถานการณ์ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและคุณภาพของสินค้านั้น

2.2 วางแผนการเก็บตัวอย่างและดำเนินการเก็บตัวอย่างขึ้นต้นอย่างมีคุณภาพ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือ ซึ่งต้องมีการระบุวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง ขนาดตัวอย่าง อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง ตลอดจนการขนส่งตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ผล

2.3 การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Validation) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่างในการนำไปใช้งาน ด้วยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนสูง ทั้งนี้การทดสอบความเหมาะสมสามารถนำค่าความไม่แน่นอนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ควบคุมคุณภาพของสินค้า และความไม่แน่นอนที่ยอมรับได้จากกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty) เพื่อนำมาพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งการประมาณค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่างต้องพิจารณาจากผลการวิเคราะห์อย่างน้อย 8 ตำแหน่ง และมีการวิเคราะห์ซ้ำแต่ละตำแหน่ง จากนั้นจึงสรุปความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง

2.4 สรุปรายงานผลของการเก็บตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนการปฏิบัติ การกำหนดตำแหน่ง รายงานผลการเก็บตัวอย่าง รวมถึงการรายงานค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการ ซึ่งอยู่ปริมาณที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ควบคุม เพื่อใช้อ้างอิงสำหรับปฏิบัติงาน

2.5 จัดทำแผนการควบคุมค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ผู้ใช้พิจารณาในการค่าความไม่แน่นอนให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และปรับใช้ให้มีความเหมาะสมกับชนิดของสินค้า

3. กระบวนการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง หมายถึง วิธีการที่ใช้ตัวอย่างบางส่วนของประชากรเพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด การเก็บตัวอย่างที่ดีต้องทราบถึงข้อมูลเกี่ยวกับประชากรได้อย่างถูกต้อง เชื่อถือได้ และมีความรวดเร็วในการตรวจสอบ เนื่องจากการผลิตสินค้าแต่ละครั้งไม่สามารถที่จะตรวจสอบวัตถุดิบ และสินค้าได้ครบทุกหน่วยของตัวอย่าง ทำให้ต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นจำเป็นต้องวางแผนการสุ่มตัวอย่างให้รอบคอบ เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของวัตถุดิบหรือสินค้าทั้งหมดที่ต้องการตรวจสอบ (กิตติศักดิ์, 2553)

3.1 คำจำกัดความที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

เอกสารแนวทางปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่าง General Guidelines on Sampling (2004) ให้คำจำกัดความที่ใช้ในขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งเอกสารดังกล่าวอธิบายโดยจัดเรียงตามลำดับ ดังนี้

3.1.1 รุ่นสินค้า (Lot) หมายถึง สินค้าที่ผลิตภายใต้สภาวะการผลิตเดียวกัน เวลาเดียวกัน มีความเหมือนกันด้านองค์ประกอบของสินค้า ขนาดของรุ่นสินค้า (Lot Size) เท่ากัน หน่วยสินค้าแบบเดียวกัน และประกอบกันเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าส่งมอบ

3.1.2 สินค้าส่งมอบ (Consignment) หมายถึง ปริมาณสินค้าที่ต้องส่งมอบในระยะเวลาเดียวกัน โดยสินค้าส่งมอบอาจจะประกอบด้วยหนึ่งรุ่นสินค้าหรือมากกว่าหนึ่งรุ่นสินค้า การสุ่มเก็บตัวอย่างในสินค้าส่งมอบต้องพิจารณาอ้างอิงจากหลักสถิติ ในกรณีที่สินค้าส่งมอบมีความไม่สม่ำเสมอ หรือสินค้าส่งมอบประกอบด้วยสินค้ามากกว่าหนึ่งรุ่นควรใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแบ่งชั้น

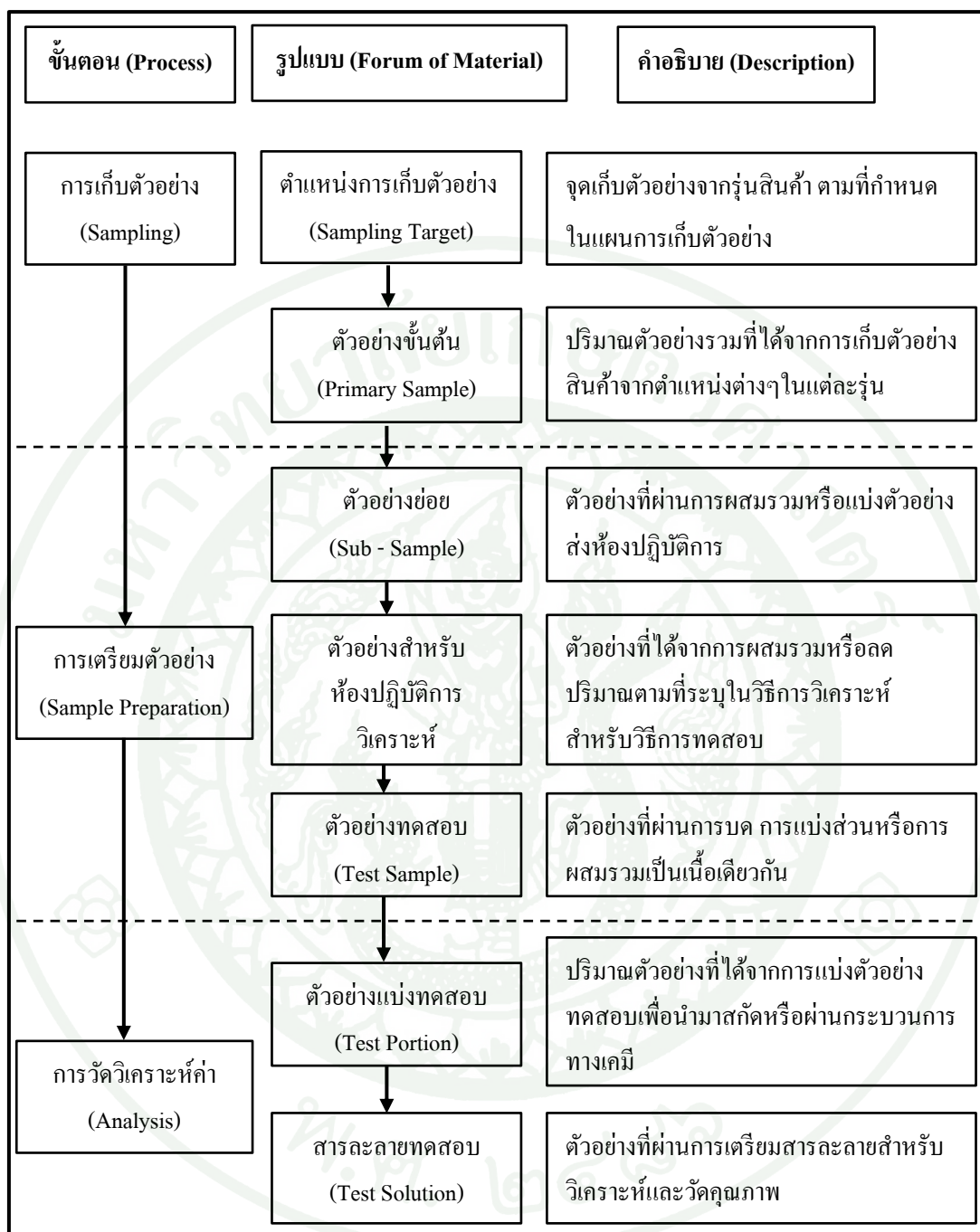
3.1.3 กลุ่มตัวอย่าง (Representative Sample) หน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มเก็บในรุ่นสินค้า โดยการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มในปริมาณที่กำหนด เพื่อรวบรวมปริมาณตัวอย่างจนได้ตัวอย่างขั้นต้น (Primary Sample) นำมาผสมรวมเข้าด้วยกันภายใต้สภาวะเดียวกัน ใช้เป็นตัวแทนรุ่นสินค้า

หรือเรียกว่า ตัวอย่างรวม (Composite Sample) และนำตัวอย่างมาแบ่งลดขนาดเพื่อเป็นตัวอย่างทดสอบ (Test Sample)

กระบวนการเก็บตัวอย่างเป็นกระบวนการเพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนของสินค้า โดยเก็บตัวอย่างจากฐานสินค้า ซึ่งเลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างที่มีความเหมาะสม และอาศัยวิธีทางสถิติ มีการกำหนดขั้นตอน การเตรียมตัวอย่าง การเก็บรักษา การขนส่ง จนกระทั่งการวิเคราะห์ทดสอบ ซึ่งมีความสำคัญกับความเชื่อมั่นของผลการตรวจสอบและใช้เป็นข้อมูลเพื่อการสรุปคุณภาพของสินค้า ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่การกำหนดแผนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีการระบุจำนวนตัวอย่างที่ต้องเก็บจากฐานสินค้าแล้วนำไปตรวจประเมิน และเกณฑ์การตัดสินใจ ผลการตรวจประเมินตัวอย่างที่ทดสอบนำไปเทียบกับเกณฑ์การยอมรับฐานสินค้าที่กำหนด เพื่อสรุปการยอมรับหรือปฏิเสธฐานสินค้า โดยแผนการเก็บตัวอย่างที่กำหนดขึ้นจะต้องสร้างความมั่นใจว่ากระบวนการเก็บตัวอย่างและหลักการที่ระบุมีความถูกต้องตามหลักประกันคุณภาพสินค้า

3.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Procedure)

กระบวนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพต้องคำนึงถึงตั้งแต่กระบวนการเก็บตัวอย่างจนกระทั่งกระบวนการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย กระบวนการเก็บตัวอย่างประกอบด้วย กระบวนการสำคัญ 3 ขั้นตอนหลัก (EURACHEM, 2007) คือ การเก็บตัวอย่าง (Sampling) การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation) และการวิเคราะห์ค่า (Analysis) นอกจากนี้ยังประกอบด้วย ขั้นตอนย่อยที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บรักษาตัวอย่าง การขนส่งตัวอย่าง เป็นต้น โดยกระบวนการเหล่านี้มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีคุณภาพ จึงต้องมีการกำหนดขั้นตอนและกระบวนการ ตั้งแต่เริ่มต้นเก็บตัวอย่างจนกระทั่งการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยขั้นตอนการเก็บตัวอย่างสามารถแสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 10 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Procedure)

ที่มา: EURACHEM (2007)

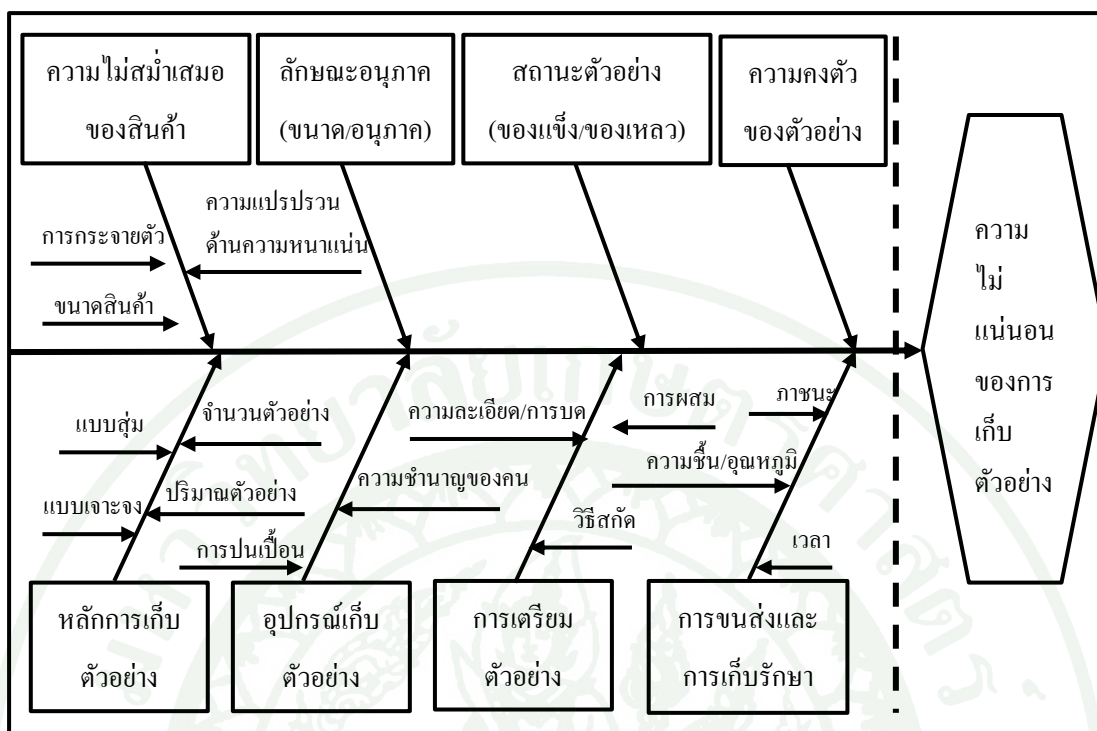
ขั้นตอนสำคัญในกระบวนการเก็บตัวอย่างประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 การเก็บตัวอย่าง (Sampling) เป็นกระบวนการกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการสุ่มตัวอย่างจากฐานสินค้า เพื่อรวบรวมตัวอย่างให้ได้ปริมาณตัวอย่างขั้นต้น (Primary Sample) ตามที่กำหนด การเก็บตัวอย่างอาจพิจารณาจากลักษณะของสินค้า หรือช่วงเวลาที่สนใจ ส่วนมากการเก็บตัวอย่างจะใช้วิธีการสุ่มให้ได้ตัวอย่างจากจุดต่าง ๆ ของฐานสินค้า เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของฐานสินค้า

3.1.2 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation) กระบวนการนี้เป็นการเตรียมตัวอย่างจากตัวอย่างขั้นต้น (Primary Sample) ที่สุ่มเก็บมาจากฐานสินค้า ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมตัวอย่างสำหรับส่งห้องปฏิบัติการ โดยมีการรวมตัวอย่างทั้งหมดจากฐานสินค้า จากนั้นจึงนำมาลดขนาดตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวอย่างย่อย (Sub - Sample) สำหรับส่งห้องปฏิบัติการ และเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ โดยการบดผสมหรือลดขนาดตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาณตามที่ระบุในการตรวจวิเคราะห์

3.1.3 การวัดวิเคราะห์ค่า (Analysis) เป็นกระบวนการของห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยนำตัวอย่างย่อยที่ได้จากการเตรียมตัวอย่าง มาทำการสกัดหรือผ่านกระบวนการทางเคมี รวมถึงการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในกระบวนการวัดวิเคราะห์คุณภาพของสินค้านั้น ๆ

การได้มาซึ่งคุณภาพของตัวอย่างที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการเก็บตัวอย่างขั้นต้นให้ได้ตัวแทนที่ดีของสินค้า โดยการกำหนดกลุ่มเป้าหมายของตัวอย่างและการดำเนินการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสม การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ โดยการลดขนาดตัวอย่าง การเก็บรักษา หรือการขนส่งตัวอย่าง เพื่อนำตัวอย่างมาผ่านการวัดวิเคราะห์ค่าทางห้องปฏิบัติการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการเก็บตัวอย่าง และบอกถึงความเหมาะสมของการใช้งาน ความเหมาะสมของแผนการเก็บตัวอย่างสามารถแสดงได้โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty; U_{Sampling}) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนผังก้างปลา (Fish - Bone Diagram) แสดงแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง

ที่มา: NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

ภาพที่ 11 แสดงแหล่งความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากกระบวนการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง การเก็บรักษา และการขนส่งตัวอย่าง รวมถึงลักษณะทางธรรมชาติของตัวอย่าง การทราบแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่างเป็นประโยชน์ในการพิจารณาควบคุมความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน และควรตรวจสอบในกรณีที่มีความไม่แน่นอนของการวัดสูงเกินไป เพื่อพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างในการประกันคุณภาพสินค้าให้มีประสิทธิภาพ

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง

การทดสอบความใช้ได้ของการเก็บตัวอย่าง เป็นการทดสอบว่าวิธีการเก็บตัวอย่างมีความเหมาะสมต่อวัตถุประสงค์ของการใช้งานหรือไม่ และเป็นการประเมินถึงคุณภาพของวิธีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง โดยวิธีการประเมินความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง ใช้การประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) นำมาพิจารณาขนาดของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นร่วมกันค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) เพื่อเป็นการบ่งชี้ถึงความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างและการควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

1. การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างเป็นการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่ยอมให้เกิดขึ้นในกระบวนการเก็บตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกับความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดสามารถสรุปขั้นตอนการทดสอบความใช้ได้ ดังนี้ (ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552)

1.1 กำหนดค่าความไม่แน่นอนที่ยอมให้มีได้ในกระบวนการทดสอบทั้งหมด (Measurement Uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) ซึ่งขึ้นอยู่กับเกณฑ์ค่าควบคุมที่กำหนด เปรียบเทียบกับระดับคุณภาพสินค้าที่ต้องควบคุม และค่า $U_{\text{Measurement}}$ ต้องกำหนดจากค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) และค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty)

1.2 ศึกษากระบวนการทดสอบทั้งหมด ตั้งแต่กระบวนการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อทราบจุดที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนสูงที่สุด ซึ่งมักเกิดจากความไม่สม่ำเสมอภายในรุ่นสินค้า

1.3 ศึกษาความใช้ได้ (Validation Study) โดยคำนวณค่าความไม่แน่นอนจากการวางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายอย่างน้อย 8 คู่ตัวอย่าง ซึ่งต้องกำหนดปัจจัยศึกษา คือ ตำแหน่งของรุ่นสินค้า หรืออิทธิพลของเวลาที่ผลิตสินค้า

1.4 คำนวณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง และค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างจากค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้

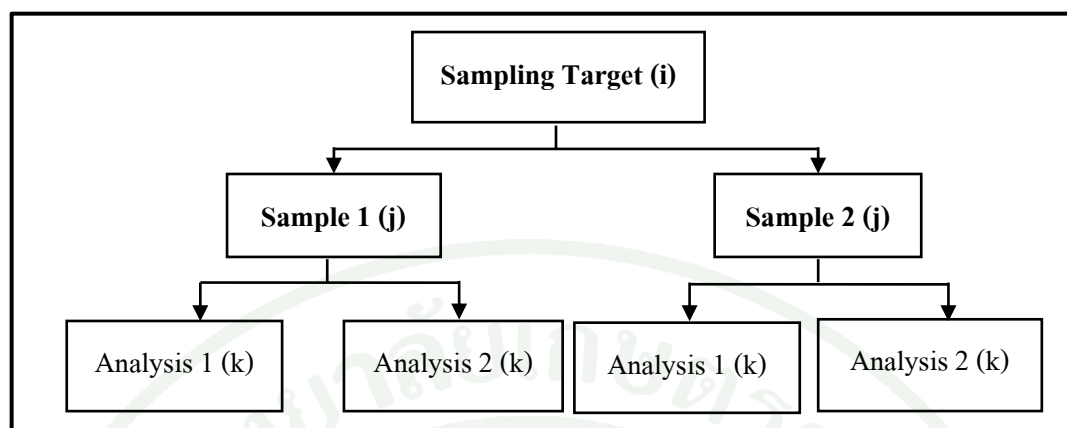
1.5 กรณีที่ค่าความไม่แน่นอนของการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) จากการคำนวณได้ มีค่าสูงเกินเป้าหมาย ให้ทำการวิเคราะห์แก้ไขจนได้ค่า $U_{\text{Measurement}}$ ตามกำหนด

1.6 พัฒนาแผนภูมิควบคุมค่าความไม่แน่นอนของวิธีการเก็บตัวอย่าง สำหรับใช้ควบคุมความสม่ำเสมอของกระบวนการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า

2. การประมาณความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง

2.1 หลักการวางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design

แผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เป็นการวางแผนการทดลอง โดยการทำซ้ำในสิ่งที่ต้องการทดลอง ซึ่งแผนการทดลองสำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนจากวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่งเป้าหมาย แต่ละตำแหน่งมีการเก็บตัวอย่างซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าซ้ำในแต่ละตัวอย่าง (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) ดังภาพที่ 12

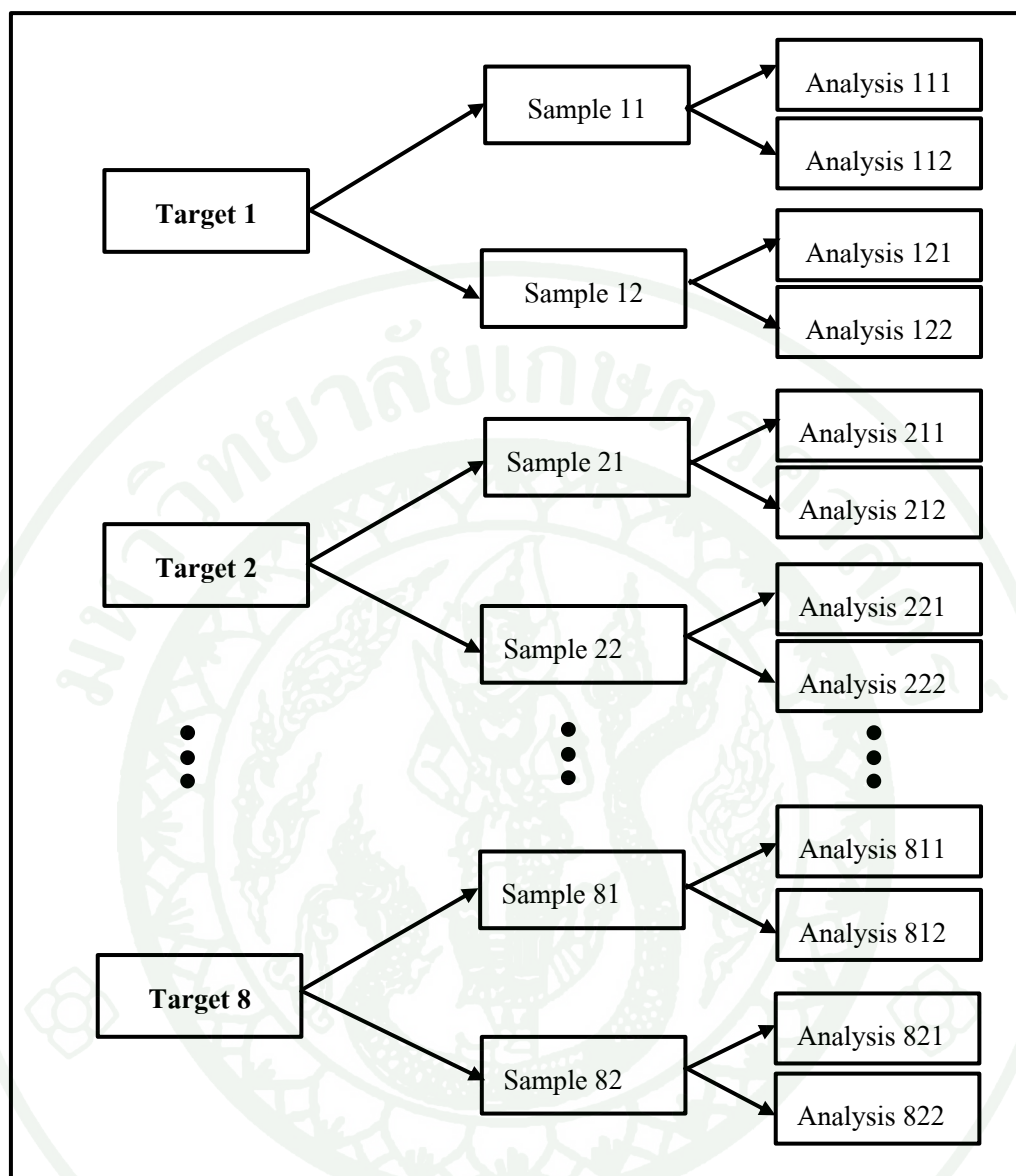


ภาพที่ 12 หลักการออกแบบทดลองซ้ำ

ที่มา: ดัดแปลงจาก NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

การวางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เป็นแผนการทดลองสำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง โดยทดลองซ้ำในสิ่งที่ต้องการศึกษาซึ่งกำหนดให้เลือกตำแหน่งในการเก็บตัวอย่าง (Sampling Target) โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวนร้อยละ 10 ของกลุ่มประชากรทั้งหมดอย่างน้อย 8 ตำแหน่งเป้าหมาย ($i \geq 8$) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด ซึ่งในแต่ละตำแหน่งเป้าหมายมีการเก็บตัวอย่างที่มีการเก็บตัวอย่างซ้ำ ($j = 2$) โดยเก็บตัวอย่างซ้ำจากจุดที่ใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่ง และมีการวิเคราะห์ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง ($k = 2$) ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ เพื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty; U_{Analysis}) และค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) แล้วคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty; U_{Sampling}) โดยการกำหนดตำแหน่งเป้าหมาย 8 ตำแหน่ง นับว่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง และได้ข้อมูลค่าความไม่แน่นอนที่มีความน่าเชื่อถือ (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007)

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง มีการศึกษาความไม่แน่นอนจากปัจจัยตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง (Validation in Space of Lot) นั่นคือ การสุ่มเก็บตัวอย่างซ้ำจากตำแหน่งต่าง ๆ (Sampling Target) บนรุ่นสินค้าเดียวกัน อย่างน้อย 8 ตำแหน่งต่อรุ่น ($i \geq 8$) แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แผนภาพการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง กรณีศึกษา Validation in Space

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ramsey and Thompson (2007)

ลักษณะของแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เป็นความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างซ้ำในสถานะเดียวกันจากแต่ละตำแหน่งเป้าหมาย โดยการกำหนดตำแหน่งเป้าหมาย 8 ตำแหน่ง นับว่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง และได้ข้อมูลค่าความไม่แน่นอนที่มีความเชื่อถือได้ และความแตกต่างจากการวิเคราะห์ซ้ำของแต่ละตัวอย่างภายใต้วิธีการปฏิบัติและห้องปฏิบัติการเดียวกัน ซึ่ง

จะให้ผลการวิเคราะห์ค่าที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จึงเป็นค่าที่อธิบายถึงความคลาดเคลื่อนบนปัจจัยที่กำหนดขณะศึกษาเท่านั้น

2.2 หลักทางสถิติเพื่อการประมาณค่าความไม่แน่นอน

ความไม่แน่นอนของการวัดเกิดจาก ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) และค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ซึ่งกำหนดให้รายงานค่าความไม่แน่นอนในรูปแบบ $X = x \pm U$ โดยค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Expanded Uncertainty; U) ในหน่วยร้อยละที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีความสัมพันธ์กับค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard Uncertainty; u) แสดงถึงการกระจายหรือความสม่ำเสมอของข้อมูลจากการวัด ซึ่งค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (U) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเป็นสองเท่าของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u) (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) แสดงดังสมการ

$$U = 2u \quad (3)$$

โดยที่ U คือ ค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Expanded Uncertainty)

u คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard Uncertainty)

2 คือ Coverage Factor (k) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u) สามารถคำนวณได้ในรูปร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; RSD) ซึ่งเป็นตัวชี้บ่งความสม่ำเสมอของข้อมูล โดยในกรณีที่ค่า RSD ต่ำ แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวน้อยหรือข้อมูลมีความสม่ำเสมอสูง โดยค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$u = RSD = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ RSD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation) ในหน่วยร้อยละ

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด (Total Mean)

จากสมการที่ 4 สามารถคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S) ใช้หลักสถิติพิสัย (Range Statistics) โดยคำนวณค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range; $\bar{D}$) ซึ่งเป็นการเฉลี่ยค่าจากส่วนต่างของข้อมูลตัวอย่างที่ศึกษา เปรียบเทียบกับค่าคงที่ (Statistic Constant) สำหรับคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการ

$$S = \frac{\bar{D}}{d_2} \quad (5)$$

โดยที่ S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$\bar{D}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 จากการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่ง

d_2 คือ ค่าคงที่ (Statistic Constant) เพื่อคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.128

การคำนวณค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range; $\bar{D}$) ได้จากการเก็บตัวอย่างซ้ำในแต่ละตำแหน่งเป้าหมายนั่นคือ ตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ของตำแหน่งเป้าหมาย อย่างน้อย 8 ตำแหน่ง สำหรับค่าคงที่ (Statistic Constant) ที่ใช้ในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่ศึกษา ซึ่งกรณีนี้มีการศึกษา 2 ซ้ำ ค่าคงที่คือ 1.128 (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007)

เนื่องจากค่าความไม่แน่นอนของการวัด มีแหล่งปัจจัยสำคัญจากการเก็บตัวอย่าง และกระบวนการวิเคราะห์ค่า ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่วัดได้จากข้อมูล ($S^2_{\text{Measurement}} = S^2_{\text{Sampling}} + S^2_{\text{Analysis}}$) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของค่าความไม่แน่นอนของการวัด การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกำลังสองหรือค่าความแปรปรวน (Variance; S^2) ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของข้อมูล การวางแผนการทดลองแบบ Two-split Level Replication Design สามารถคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้หลักสถิติพิสัย (Range Statistics) ได้ดังนี้

2.2.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวัด ($S_{\text{Measurement}}$) สามารถคำนวณได้จากค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range; $\bar{D}$) โดยค่าพิสัยเฉลี่ยคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่าง

ที่ 2 จากการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่ง สำหรับค่าคงที่ (Statistic Constant) ที่ใช้ในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.128 (NT TECHNICAL REPORT 604, 2007) โดยค่าพิสัยเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวัด แสดงการคำนวณดังสมการ 6 และ 7 ตามลำดับ

$$\bar{D}_{\text{Measurement}} = \frac{\sum_{i=1}^8 D_i}{n} \quad (6)$$

$$S_{\text{Measurement}} = \frac{\bar{D}}{d_2} \quad (7)$$

โดยที่ $S_{\text{Measurement}}$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวัด

$\bar{D}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 จากการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่ง

d_2 คือ ค่าคงที่ (Statistic Constant) เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 1.128

2.2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวิเคราะห์ (S_{Analysis}) สามารถคำนวณได้จากค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 เฉลี่ยจากตำแหน่งเก็บตัวอย่างอย่างน้อยจำนวน 8 ตำแหน่ง จากนั้นจึงนำค่าพิสัยเฉลี่ยมาคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวิเคราะห์ ดังสมการ

$$\bar{D}_{\text{Analysis}} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} \quad (8)$$

$$S_{\text{Analysis}} = \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{d_2} \quad (9)$$

โดยที่ S_{Analysis} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวิเคราะห์

$\bar{D}_{i1}, \bar{D}_{i2}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1 และที่ 2 เฉลี่ย

2.2.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling}) สามารถคำนวณได้จากกราฟที่สองของผลต่าง ค่าความแปรปรวนของการวัดและค่าความแปรปรวนของการวิเคราะห์

ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ประมาณจากการเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ จึงคำนวณจากค่ารากที่สองของ 2 แสดงการคำนวณดังสมการ

$$S_{\text{Sampling}} = \sqrt{S_{\text{Measurement}}^2 - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (10)$$

โดยที่ S_{Sampling} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการเก็บตัวอย่าง
 $S_{\text{Measurement}}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของการวัด

การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการวัด กระบวนการเก็บตัวอย่าง และกระบวนการวิเคราะห์ เป็นการอธิบายถึงความไม่แน่นอนของกระบวนการ ซึ่งสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าว นอกจากนี้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสามารถเปลี่ยนเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; RSD) คือ ร้อยละของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard Uncertainty; u) ของการวัด การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty; U) ซึ่งค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (U) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเป็นสองเท่าของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (u)

จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ด้วยการคำนวณโดยใช้หลักสถิติพิสัย (Range Statistics) ตามแบบการวางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design สามารถอธิบายค่าความไม่แน่นอนจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการคำนวณทั้งหมดทำให้ได้มาซึ่ง ค่าความไม่แน่นอนรวม บ่งบอกถึงความมีประสิทธิภาพและความสามารถนำไปใช้งานของแผนการเก็บตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งการคำนวณค่าเฉลี่ยพิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ และค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดสามารถอธิบายตัวอย่างการคำนวณได้ ดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง ของค่าความเป็นกรดเฉลี่ย
ในผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง จำนวน 10 ตำแหน่งสินค้า (Validation in Space) ในรุ่น

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง กรณีทำ Validation in Space									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)					Sample 2 (S ₂)			
	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ - x ₁₁₂	$\bar{x}_{11}$	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ - x ₁₂₂	$\bar{x}_{12}$	D _i = $\bar{x}_{11}$ - $\bar{x}_{12}$
1	0.5299	0.5147	0.0152	0.5223	0.4855	0.4951	0.0096	0.4903	0.0320
2	0.5060	0.5057	0.0003	0.5059	0.5000	0.5065	0.0065	0.5033	0.0026
3	0.5214	0.5073	0.0141	0.5144	0.4906	0.4968	0.0062	0.4937	0.0206
4	0.5499	0.5246	0.0253	0.5373	0.5049	0.5073	0.0024	0.5061	0.0312
5	0.5487	0.5484	0.0003	0.5485	0.4587	0.4577	0.0010	0.4582	0.0903
6	0.4955	0.5499	0.0544	0.5227	0.5206	0.5217	0.0011	0.5212	0.0015
7	0.5468	0.5478	0.0009	0.5473	0.4854	0.4888	0.0034	0.4871	0.0602
8	0.4989	0.5035	0.0046	0.5012	0.5328	0.5186	0.0142	0.5257	0.0245
9	0.5177	0.5162	0.0015	0.5170	0.5218	0.5299	0.0081	0.5259	0.0089
10	0.5086	0.5052	0.0034	0.5069	0.4942	0.4874	0.0068	0.4908	0.0161
ค่าเฉลี่ย 10 ตำแหน่ง			0.1200	0.5223			0.0590	0.5002	0.0288
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$)		$= \frac{\bar{x}_{11} + \bar{x}_{12}}{2} = 0.511$		Converting Factor for Standard			= 1.128		
				Deviation (n=2)					
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{Analysis}$)		$\frac{\bar{D}_{11} + \bar{D}_{12}}{2} = 0.009$		ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง ($\bar{D}_{Measurement}$)			$= \frac{\sum D_i}{n} = 0.029$		

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ตัวอย่างการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง กรณีทำ Validation in Space		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.008
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.026
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.025
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 1.55
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 4.87
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 4.99
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 3.11	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 9.74	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 9.99	

ที่มา: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(2552)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเก็บตัวอย่างสินค้าปลุสสัตว์และสัตว์น้ำเพื่อตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์ ควรมีการกำหนดแนวทางปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากมีข้อกำหนดให้ตรวจสอบสุขอนามัยในผลผลิตสินค้าก่อนการส่งออก ดังนั้นจึงมีการกำหนดวิธีปฏิบัติ และขนาดตัวอย่างเพื่อสร้างแผนการเก็บตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ และได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นสิ่งสำคัญในการแสดงคุณภาพของข้อมูลที่วิเคราะห์ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญต่อความเชื่อมั่นในรุ่นสินค้า ทั้งนี้ความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty) เกิดจากปัจจัย 2 ประการหลักคือ ความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) และความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ดังนั้นจึงแบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพในการผลิตสินค้าสัตว์น้ำ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) และการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty)

การควบคุมคุณภาพในการผลิตสินค้าสัตว์น้ำมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของสินค้า โดยกำหนดให้ใช้หลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตสินค้า เนื่องจากปัจจุบันมีการผลิตสินค้าสัตว์น้ำเพื่อการส่งออกมากกว่าเพื่อบริโภคภายในประเทศ ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตสินค้าจึงต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมการตกค้างจากยาสัตว์ในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะสินค้ากุ้งที่มีมูลค่าและปริมาณการส่งออกสูงกว่าสินค้าสัตว์น้ำประเภทอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการส่งออกสินค้าสัตว์น้ำของประเทศไทยยังประสบปัญหาการถูกกีดกันจากประเทศปลายทาง โดยปัญหาดังกล่าวเกิดจากการตรวจพบสารเคมีตกค้างเกินปริมาณที่กำหนดสำหรับอาหารนำเข้า ซึ่งเกิดจากการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคที่เกิดขึ้นระหว่างการเพาะเลี้ยง จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการตกค้างจากยาปฏิชีวนะในสินค้าสัตว์น้ำ งานวิจัยเหล่านี้สามารถอธิบายถึงสาเหตุของปัญหาการตกค้างจากยาสัตว์ ได้แก่ การติดตามและตรวจหา Oxolinic Acid ตกค้างในเนื้อกุ้งกุลาดำ โดยเกษตรกรใช้ยา Oxolinic Acid เพื่อป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย พบว่าการตกค้างของยาปฏิชีวนะในกุ้งขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม สภาพอากาศในการเพาะเลี้ยง ซึ่งงานวิจัยนี้พบการตกค้างของยาสูงในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในรอบวันมาก สภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงสูง ส่งผลให้กุ้งเกิดความเครียดอ่อนแอ ง่ายต่อการเกิดโรค เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้ยาบ่อยขึ้น จึงทำให้เกิดการสะสมยาในตัวกุ้งในปริมาณมาก (เรวัตรและสุริยะ, 2543)

นอกจากนี้การตกค้างของยาปฏิชีวนะในกุ้งที่เลี้ยงแต่ละรุ่น และการตกค้างของยาในแต่ละส่วนต่าง ๆ ของกุ้งในบ่อเดียวกันมีปริมาณแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณวิภาและคณะ (2543) ศึกษาปริมาณการตกค้างของยา Oxytetracycline ในส่วนต่าง ๆ ของกุ้งก้ามกราม ซึ่งการตรวจสอบยาตกค้างของกุ้งส่งออกบางรุ่นไม่ตรงกันระหว่างผู้ส่งออกและผู้นำเข้า เนื่องจากปริมาณการตกค้างของ Oxytetracycline ในกุ้งแต่ละตัวในส่วนหัวและกล้ามเนื้อแตกต่างกัน โดยปริมาณการตกค้างในส่วนกล้ามเนื้อนั้นมีความสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการนำกุ้งจากแหล่งที่มีปริมาณการตกค้างแตกต่างกันมากมาผสมรวมกันเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแต่ละรุ่น รวมถึงปริมาณตัวอย่างที่สุ่มมาเพื่อตรวจสอบยาสัตว์ตกค้าง มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของผลวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณตัวอย่างที่เหมาะสมไม่ควรน้อยกว่า 200 กรัม สำหรับการตรวจวิเคราะห์แต่ละครั้ง ทั้งนี้การผลิตสินค้าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงเพื่อบริโภคยังไม่สามารถที่จะควบคุมความสม่ำเสมอของสถานะแวดล้อมการผลิตได้ทั้งหมด จึงส่งผลให้เกิดปัญหาโรคกุ้งระหว่างเพาะเลี้ยงเกษตรกรจึงมีความจำเป็นในการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อรักษาโรค และเกิดปัญหาการตกค้างของยาสัตว์ในสินค้า ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของสินค้าส่งออกจึงต้องมีมาตรการจัดการคุณภาพด้านการใช้ยาสัตว์ที่เข้มงวดขึ้น และเพื่อควบคุมคุณภาพสินค้านำเข้าในแต่ละประเทศ กลุ่มประเทศคู่ค้าหลักที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป มีการกำหนดให้ควบคุมคุณภาพตลอดโซ่อุปทานการผลิตสินค้า โดยเฉพาะการควบคุมด้านการตกค้างจากยาสัตว์ ซึ่งประเทศคู่ค้าเหล่านี้มีการกำหนดเกณฑ์ควบคุมปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

การตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นไปตามข้อกำหนดนั้น ต้องมีการตรวจวิเคราะห์ยาสัตว์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ ซึ่งคุณภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูลสามารถประเมินได้จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty) ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด คือ ค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการทดสอบ ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ วิธีการตรวจวิเคราะห์ ความชำนาญของผู้ปฏิบัติการ เป็นต้น จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาแหล่งความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ได้แก่ งานวิจัยของเกษยาและคณะ (2550) ศึกษาการควบคุมคุณภาพผลการทดสอบโปรตีนในอาหารไก่ มีการตรวจสอบความแม่นยำ ความเที่ยง ประสิทธิภาพ และความพร้อมของเครื่องมือทดสอบ โดยสุ่มตัวอย่างอาหารไก่ 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 ถุง ทำการตรวจวิเคราะห์ค่าโปรตีน เพื่อคำนวณค่าความแม่นยำ ความเที่ยง และเปรียบเทียบกับค่าที่รับรอง พบว่าประสิทธิภาพและความพร้อมของเครื่องมือทดสอบ มีค่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับทุกตัวอย่าง แสดงว่าเครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์มี

ประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับทดสอบโปรตีนในอาหารไก่ งานวิจัยของจริยาและคณะ (2550) ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของวิธีการทดสอบ Oxolinic Acid ในเนื้อเยื่อด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) มีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของวิธีการทดสอบตาม ISO GUM Approach พบว่าแหล่งความไม่แน่นอนสูงสุดของวิธีการทดสอบคือ ความไม่แน่นอนจากเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามความไม่แน่นอนจากวิธีทดสอบดังกล่าวมีผลกระทบต่อกระบวนการวัดน้อยมาก และงานวิจัยสุพจน์และคณะ (2551) มีการทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบหาปริมาณโปรตีนในอาหารไก่ ผู้วิจัยดัดแปลงวิธีทดสอบจากวิธีมาตรฐาน ISO 5938-2 (2005) และทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ โดยการประเมินค่าความไม่แน่นอนของวิธีการทดสอบ 3 วิธี พบว่าทั้ง 3 วิธีให้ค่าความไม่แน่นอนของวิธีทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

งานวิจัยทั้งหมดที่ศึกษาแหล่งความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty) ซึ่งเกิดจากเครื่องมือวิเคราะห์ หรือวิธีการที่ใช้วิเคราะห์นั้น พบว่ามีค่าความไม่แน่นอนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดน้อยมาก เนื่องจากห้องปฏิบัติการทดสอบที่ทำการวิเคราะห์ผล ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005 สอดคล้องกับการศึกษาของพิเชษฐ์และคณะ (2553) เกี่ยวกับการควบคุมกำกับ และตรวจสอบห้องปฏิบัติการภาคเอกชนเพื่อรองรับการถ่ายโอนภารกิจด้านการวิเคราะห์สินค้าปศุสัตว์ พบว่าหน่วยงานภาครัฐที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบที่ตรวจวิเคราะห์สินค้าปศุสัตว์ ได้แก่ หน่วยงานที่รับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการทดสอบสินค้าเกษตรและอาหาร และหน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบ กำกับดูแล และรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการของภาคเอกชนด้านการทดสอบสินค้าปศุสัตว์ หน่วยงานเหล่านี้มีการกำหนดแนวทางการทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ ความชำนาญในการตรวจวิเคราะห์ การควบคุมคุณภาพภายในให้เป็นไปตามวิธีที่สากลยอมรับ และได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005 ซึ่งห้องปฏิบัติการทดสอบส่วนมากมีการดำเนินงานตามมาตรฐาน จึงสามารถตรวจวิเคราะห์เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของสินค้าเพื่อการส่งออก โดยมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005 มีข้อกำหนดสำหรับการหาความไม่แน่นอนของการทดสอบ เป็นการทวนสอบว่าผลการวิเคราะห์นั้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ (รวีวรรณ, 2553)

ปัจจัยอีกประการที่มีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดคือ ค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ซึ่งมีผลกระทบมากกว่าความไม่

แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ สอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉรา (2543) กล่าวถึงความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ เนื่องจากความไม่แน่นอนดังกล่าวมีมากถึง 2 ใน 3 ของความไม่แน่นอนรวมทั้งหมด นอกจากนี้ Whitaker *et al.* (2006) กล่าวถึงค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างอัลมอนต์เพื่อตรวจสอบสารอะฟลาทอกซิน โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ พบว่าค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นนั้นเป็นมีความแปรผันตามปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่วัดได้จากตัวอย่าง ซึ่งค่าความไม่แน่นอนรวมเกิดจากการเก็บตัวอย่างมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.2 ของทั้งหมด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอว่าควรเพิ่มขนาดตัวอย่างเพื่อลดค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการที่เกิดขึ้น และงานวิจัยของ Jarvis *et al.* (2012) ศึกษาเกี่ยวกับความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างเพื่อระบุจำนวนจุลินทรีย์ในอาหาร โดยระบุถึงค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่าค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ และมีผลกระทบต่อความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดมากกว่า ทั้งนี้ในกระบวนการประกันคุณภาพของผลการวิเคราะห์ จึงให้ความสำคัญกับค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างมากกว่าค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง มีการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างที่มีความเหมาะสม โดยงานวิจัยของ Ramsey (1998) ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างที่เป็นแหล่งของความไม่แน่นอนการวัด โดยกล่าวถึงการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง ซึ่งใช้แผนการทดลองแบบสมดุล เป็นวิธีพื้นฐานสำหรับการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ซ้ำ ผ่านการวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ เพื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance หรือ ANOVA) สำหรับนำไปประมาณค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัดที่เกิดจากความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ซึ่งค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากค่าความแปรปรวนของกระบวนการ งานวิจัยที่มีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างโดยใช้แผนการทดลองแบบสมดุล ได้แก่ งานวิจัยของ Lyn *et al.* (2007) ประมาณค่าความไม่แน่นอนโดยใช้หลักการทำซ้ำใน 2 ขั้นตอน เพื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างสินค้ากรณีศึกษา 2 ชนิดคือ การวิเคราะห์ความชื้นในเนยแข็ง และไนเตรทในผักกาดหอม และงานวิจัยของ Corry *et al.* (2010) ศึกษาเกี่ยวกับการลดความแปรปรวนของการนับจำนวนจุลินทรีย์ในอาหาร ผู้วิจัยกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างซ้ำในแต่ละตัวอย่างอาหารโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ และตรวจสอบซ้ำในแต่ละตัวอย่าง พบว่าการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบผลซ้ำทำให้เกิดความแม่นยำในการประมาณค่าความหนาแน่นของจุลินทรีย์

ในอาหารมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jarvis *et al.* (2012) ศึกษาเกี่ยวกับความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างและระบุจำนวนจุลินทรีย์ในอาหาร โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิดระหว่างกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์อาหารจากร้านค้าปลีก ได้แก่ นม เนื้อสัตว์ดิบ แชนค์วิชพร้อมบริโภค เป็นต้น เพื่อตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์คือ Enterobacteriaceae และ Campylobacters โดยเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ 2 ชั่วโมง พบว่าความแปรปรวนส่วนใหญ่ของอาหารมีมากกว่า 50% สำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากความแปรปรวนของข้อมูลดังกล่าว ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างในการทดสอบ การทดสอบซ้ำของตัวอย่าง และลักษณะการกระจายตัวของสินค้าในรุ่นที่ศึกษา ผู้วิจัยนำผลการศึกษาดังกล่าวมาพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัดและเกณฑ์การวัดทางจุลชีววิทยาสำหรับอาหาร เพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์ทั้งทางจุลชีววิทยาและทางเคมี

นอกจากการนี้การกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ยังมีผลต่อการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่าง โดยงานวิจัยของ Lyn *et al.* (2007) มีการวิเคราะห์ความชื้นในเนยแข็ง และในเตรทในผักกาดหอม เพื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่าง ผู้วิจัยมีการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 8 ตำแหน่ง ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอน โดยการเก็บตัวอย่างที่มากกว่า 8 ตัวอย่าง ไม่มีผลทำให้ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลดลง ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างดังกล่าวยังทำให้การประมาณค่าความไม่แน่นอนมีความถูกต้องเหมาะสม และไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ดังนั้นจึงเก็บตัวอย่าง 8 ตัวอย่างในสินค้าทุกชนิด เพื่อให้การประมาณค่าความไม่แน่นอนมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ambrus (2009) ศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างสำหรับวัดปริมาณสารเคมีตกค้างในสินค้าผัก โดยผู้วิจัยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 8 จุดในแปลงเพาะปลูก และประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% โดยวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีตกค้างในตัวอย่างผักและผลไม้จากเมืองต่าง ๆ พบว่าแต่ละตัวอย่างมีค่าความไม่แน่นอนแตกต่างกัน

การศึกษาเกี่ยวกับค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง สามารถนำไปประเมินและปรับแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Plan) ให้มีความเหมาะสมได้ โดยงานวิจัยของ Whitaker *et al.* (2006) ซึ่งศึกษาค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างอัลมอนต์เพื่อตรวจสอบสารอะฟลาทอกซิน ผู้วิจัยเสนอว่างานวิจัยนี้สามารถ นำผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวไปออกแบบและประเมินแผนการเก็บตัวอย่างสินค้าอัลมอนต์ และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ Whitaker *et al.*

(2007) ได้ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการชักตัวอย่าง Ackee Fruit บรรจุกระป๋อง เพื่อตรวจสอบสาร Hypoglycin A (HGA) ซึ่งเป็นสารพิษตกค้างในเนื้อผล (Arils) และเยื่อหุ้ม (Membrane) พบว่าความสัมพันธ์ของค่าความไม่แน่นอนของการวัด การเก็บตัวอย่างตัวอย่าง และการวิเคราะห์ จะมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของสาร เมื่อประเมินประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยใช้ OC Curve ใช้ตัวชี้วัดคือความเสี่ยงของผู้ผลิตและความเสี่ยงของผู้บริโภค พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนตัวอย่างในแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะและเชิงผันแปร จะช่วยลดความเสี่ยงทั้งในผู้ผลิตและผู้บริโภคให้อยู่ในระดับสมมูลได้

ด้วยความสำคัญของการตรวจสอบสุขอนามัยสินค้าสัตว์น้ำก่อนการส่งออกเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต จึงมีการกำหนดวิธีปฏิบัติในการเก็บตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า และสร้างแผนการเก็บตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัดเป็นสิ่งสำคัญในการแสดงคุณภาพของข้อมูลที่วิเคราะห์ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแสดงถึง ผลกระทบของความไม่แน่นอนรวมของกระบวนการวัด ซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่างมากกว่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวิเคราะห์ จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของการเก็บตัวอย่าง โดยพิจารณาถึงแหล่งความไม่แน่นอนเพื่อควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนขึ้น และสร้างความเชื่อมั่นต่อการตัดสินใจสินค้า จึงควรพิจารณาความไม่แน่นอนทั้งของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์เข้าด้วยกัน ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ระดับค่าเฉลี่ยในสินค้าปัจจุบันเทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้าชนิดนั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows 7
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007 สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล
3. โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ Minitab 15.0
4. อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไม ประกอบด้วย
 - 4.1 ถังพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) แบบมีฝาปิดขนาด 8×12 นิ้ว สำหรับบรรจุตัวอย่าง
 - 4.2 ฉลากปิดรหัสตัวอย่าง
 - 4.3 ปากกาเคมี (Permanent Marker) สำหรับเขียนบันทึก
 - 4.4 เทปใสสำหรับปิดฉลากป้องกันน้ำ
 - 4.4 น้ำแข็งสำหรับรักษาสภาพตัวอย่าง
 - 4.5 กล่องโฟมสำหรับบรรจุตัวอย่างเพื่อขนส่งไปห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

วิธีการ

1. ศึกษาเอกสารแนวทางการประกันความปลอดภัยในสินค้าตามเอกสารโคเด็กซ์ และรวบรวมข้อมูลระบบการควบคุมมาตรฐานตลอดโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องกับข้อกำหนดการประกันความปลอดภัยในสินค้าตามเอกสารโคเด็กซ์

1.1 ศึกษาข้อกำหนดที่ควรมีตามคำแนะนำสำหรับการกำหนดแนวทางการประกันความปลอดภัยในสินค้า ตามเอกสาร โคเด็กซ์ (Guideline for The Design and Implementation of National Regulation Food Safety Assurance Programme Associated with The Use of Veterinary Drugs in Food Producing Animals: CAC/GL 71 - 2009) เพื่อทราบถึงหลักการในการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง และกำหนดขนาดตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง สำหรับการประกันมาตรฐานด้านปริมาณยาสัตว์ตกค้างในสินค้า

1.2 ศึกษากระบวนการผลิตและควบคุมมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทานของประเทศไทย จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสงคราม เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ ของโซ่อุปทาน และการควบคุมมาตรฐานการผลิตสินค้า และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวางแผนการเก็บตัวอย่าง เพื่อการตรวจสอบปริมาณสารตกค้างจากยาสัตว์

1.3 รวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพสินค้าเกษตรและอาหารด้านปริมาณยาสัตว์ตกค้าง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่าง และหลักการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้สำหรับวางแผนการศึกษา

2. กำหนดชนิดสัตว์น้ำและยาสัตว์เพื่อการตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

2.1 งานวิจัยนี้ใช้กุ้งขาวแวนนาไมเป็นสัตว์น้ำกรณีศึกษา เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมมีปริมาณการส่งออกสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าประมงประเภทอื่นและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย ดำเนินการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรูปแบบเดียวกับการเลี้ยงเพื่อจำหน่าย ในบ่อเพาะเลี้ยงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 40 × 50 เมตร ตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ภายใต้การดูแลของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดสมุทรสงคราม โดยเริ่มเลี้ยงตั้งแต่เดือน

กุ่มภาพันธุ์ – เดือนเมษายน พ.ศ. 2554 เมื่อกุ้งมีอายุ 2 เดือน จึงทำการแยกบ่อเพาะเลี้ยงเป็น 2 บ่อ เพื่อลดความหนาแน่นและช่วยให้กุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ แล้วจึงทำการให้ยา Oxytetracycline ในกุ้งอายุ 2 เดือน และกุ้งอายุ 3 เดือน หลังจากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างกุ้งหลัง ระยะหยดยาที่แตกต่างกันใน 2 ช่วงอายุ เพื่อตรวจสอบปริมาณยาตัวตกค้างในตัวกุ้งต่อไป

2.2 เลือกใช้ยาตัว Oxytetracycline ที่มีความเข้มข้นของยาผสมในอาหารสัตว์ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก งานวิจัยนี้ได้ผสมยาในอาหารสำหรับกุ้ง 2 ช่วงอายุคือ กุ้งอายุ 2 เดือนและ 3 เดือน ซึ่งมีปริมาณยาในการผสมกับอาหารกุ้งตามเอกสารกำกับยา ดังนี้

2.2.1 กุ้งที่มีช่วงอายุ 2 เดือน ใช้ยาปริมาณยาที่ผสม 2 – 4 กรัม/กิโลกรัมในกุ้งที่มีอายุ ไม่เกิน 3 เดือน ดังนั้นจึงใช้ปริมาณยา 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

2.2.2 กุ้งที่มีช่วงอายุ 3 เดือน ใช้ยาปริมาณยาที่ผสม 3.4 – 6.8 กรัม/กิโลกรัมในกุ้งอายุ ไม่เกิน 4 เดือน ใช้ปริมาณยา 4.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงใช้ตัวยาที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เทียบกับขนาดน้ำหนักเฉลี่ยคำนวณเป็นปริมาณยา 4.5 กรัมสำหรับอาหาร 1 กิโลกรัม



ภาพที่ 14 การผสมยาในอาหารกุ้ง

จากภาพที่ 14 การผสมยาในอาหารเม็ดสำหรับกุ้ง ทำโดยนำยาที่เตรียมไว้มาทำละลายด้วยน้ำ และผสมกับอาหารกุ้งโดยใช้น้ำมันเป็นตัวเคลือบยาให้ติดกับเม็ดอาหาร งานวิจัยนี้ให้ยาสำหรับกุ้งที่มีอายุ 2 ช่วงอายุ ในรูปแบบเดียวกันคือ ให้ยาคิดต่อกันเป็นระยะเวลานาน 7 วัน ด้วยเครื่องให้อาหารอัตโนมัติเป็นเวลา 4 ครั้งต่อวันตามเวลาการให้อาหารปกติ แล้วทำการเก็บตัวอย่าง

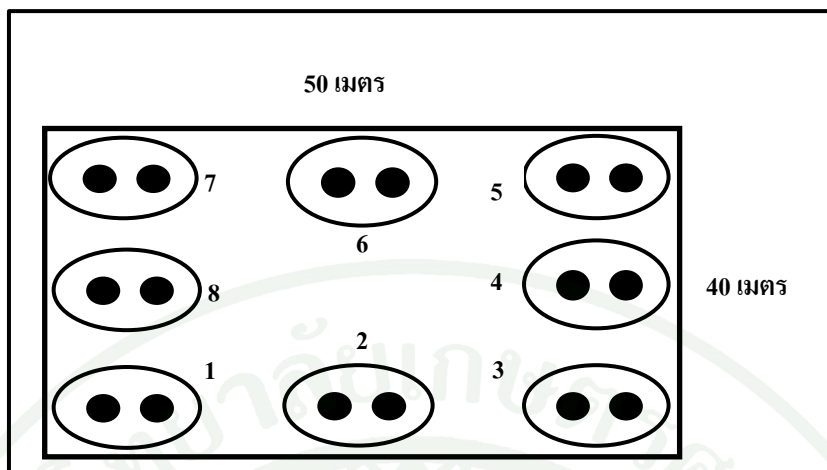
กึ่งในระยะหยดยาที่แตกต่างกัน เพื่อตรวจปริมาณยาสัตว์ตกค้าง สามารถสรุปชนิดสัตว์น้ำและยา
สัตว์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เพื่อตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปชนิดสัตว์น้ำและยาสัตว์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ชนิดสินค้า	ตัวแปรคุณภาพที่ต้องการวัด	เกณฑ์ควบคุม
กุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยง	ปริมาณยาสัตว์ Oxytetracycline	≤ 0.10 ppm

3. วางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เพื่อเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งขาว แวนนาไมและส่งตัวอย่างวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ

3.1 งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design ซึ่งเป็นการ
ทำซ้ำ นั่นคือ การเก็บตัวอย่างซ้ำ (Sampling Replicate) จากจุดเป้าหมาย 2 ตัวอย่างในตำแหน่ง
ใกล้เคียงกัน และทำการวิเคราะห์ซ้ำ (Analysis Replicate) ในแต่ละตัวอย่าง เพื่อเป็นประโยชน์
สำหรับการศึกษาความไม่แน่นอนรวมของการวัด โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อความไม่แน่นอนรวมของ
การวัดคือ ความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์สามารถ
ควบคุมได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างเป็นหลัก ซึ่งเก็บ
ตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนและ 3 เดือน ตามระยะหยดยาที่แตกต่างกัน ในตำแหน่งต่าง ๆ รอบบ่อเลี้ยง
กุ้ง โดยกำหนดตำแหน่งตัวอย่างจำนวน 8 ตำแหน่ง ($i = 8$) ดำเนินการเก็บตัวอย่างโดยวิธีการเหวี่ยง
แหในตำแหน่งที่กำหนดเพื่อให้ได้ตัวอย่างรวมตำแหน่งละประมาณ 1,000 กรัม แล้วจึงแบ่งตัวอย่าง
รวมที่เหวี่ยงแหได้ออกเป็น 2 ตัวอย่างย่อยในแต่ละตำแหน่ง ($j = 2$) ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างในบ่อเพาะเลี้ยงจำนวน 8 ตำแหน่ง

เอกสารกำกับยา Oxytetracycline กำหนดให้หยุดยาก่อนการจับกุ้งจำหน่ายอย่างน้อย 21 วัน จึงกำหนดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างให้สอดคล้องกับข้อกำหนดดังกล่าวคือ กำหนดให้เก็บตัวอย่างภายใน 21 วันหลังการหยุดยา ซึ่งแสดงแผนการให้ยา Oxytetracycline และการเก็บตัวอย่างดังภาพที่ 16 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 เมื่อกุ้งบ่อที่ 1 มีอายุประมาณ 2 เดือน (62 วัน) จึงดำเนินการให้ยาเมื่อกุ้งมีอายุ 63 - 69 วัน และเก็บตัวอย่างกุ้งเพื่อตรวจสอบสารตกค้างในกุ้งหลังหยุดยา 1, 11 และ 15 วัน คือเก็บตัวอย่างเมื่อกุ้งมีอายุ 70, 80 และ 84 วัน ตามลำดับ

3.1.2 เมื่อกุ้งในบ่อที่ 2 มีอายุประมาณ 3 เดือน (96 วัน) จึงดำเนินการให้ยาเมื่อกุ้งมีอายุ 96 -102 วัน และตรวจสอบสารตกค้างในกุ้งหลังหยุดยา 1, 4, 8 และ 11 วัน คือเก็บตัวอย่างเมื่อกุ้งมีอายุ 103, 106, 110 และ 113 วัน ตามลำดับ ซึ่งการกำหนดระยะเวลาเก็บตัวอย่างดังกล่าว มีการพิจารณาจากปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยาต่าง ๆ

อายุกุ้ง (วัน)	63-69	70	80	84	อายุกุ้ง (วัน)	96-102	103	106	110	113
ให้ยา					ให้ยา					
Oxytetracycline					Oxytetracycline					
เก็บตัวอย่าง					เก็บตัวอย่าง					
กุ้งอายุประมาณ 2 เดือน					กุ้งอายุประมาณ 3 เดือน					

ภาพที่ 16 แผนการเก็บตัวอย่างสำหรับกุ้งอายุ 2 เดือน และ 3 เดือน

แผนการเก็บตัวอย่างดังกล่าวต้องการทราบถึงการตกค้างของปริมาณยา Oxytetracycline ในตัวอย่างกุ้งแต่ละระยะการหยุดยา โดยมีการพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ค่า Oxytetracycline ในตัวอย่างจากระยะหยุดยานั้น ๆ หากไม่พบการตกค้างของยาในตัวอย่าง จะต้องมีการเก็บตัวอย่างหลังจากระยะหยุดยาดังกล่าว โดยเว้นช่วงประมาณ 3 - 4 วัน อีกครั้งเพื่อตรวจยืนยันผลการวิเคราะห์

3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างโดยห้องปฏิบัติการ

3.2.1 นำตัวอย่างกุ้งที่ได้จากการเหวี่ยงแหในแต่ละตำแหน่งเก็บตัวอย่าง มาแช่น้ำแข็ง เพื่อให้กุ้งสลบ จากนั้นจึงแบ่งตัวอย่างกุ้งบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดมิซิปิดตำแหน่งละ 2 ถุง เพื่อให้ได้ตำแหน่งละ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างละประมาณ 500 กรัม และติดฉลากรหัสตัวอย่างกำกับในแต่ละถุง ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การเตรียมตัวอย่างกุ้งเพื่อส่งห้องปฏิบัติการ

3.2.2 นำถุงตัวอย่างบรรจุลงกล่องน้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง ก่อนนำตัวอย่างไปตรวจสอบปริมาณยาตัวตกค้างที่ควบคุมในตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการประกันคุณภาพตามระบบ ISO/IEC 17025: 2005 โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ เพื่อยืนยันผลการตรวจวิเคราะห์ โดยกำหนดระดับค่าควบคุมของยา Oxytetracycline ในตัวอย่างไม่เกิน 0.10 ppm

4. เตรียมข้อมูลเพื่อประมาณความไม่แน่นอนในตัวอย่าง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1 เตรียมข้อมูลสำหรับการประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่าง (Sampling Uncertainty; U_{Sampling}) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่าง กุ้ง (x_{ijk}) จากการเก็บตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อเพาะเลี้ยงจำนวน 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) แต่ละตำแหน่งเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ ($j = 1, 2$) และวิเคราะห์ค่า 2 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง ($k = 1, 2$) จากนั้นจัดรูปแบบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละระยะหยุดยา จะได้ข้อมูลดิบจำนวนทั้งสิ้น $8 \times 2 \times 2 = 32$ ข้อมูลต่อแผนการทดลอง แสดงรูปแบบดังตารางที่ 6 ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่ใช้วัดในตัวอย่าง ค่าเบี่ยงมาตรฐาน (Standard Deviation; S) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation; RSD) ในแผนการทดลองสำหรับแต่ละระยะหยุดยาที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างในช่วงความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 ตารางบันทึกผลวิเคราะห์สำหรับประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

Loca - tion i	Replication j=1			Mean j=1	Replication j=2			Mean j=2	Range of Measurement
	k		Range of analysis		k		Range of analysis		
	1	2			1	2			
1	x_{111}	x_{112}	$D_{11} = x_{111} - x_{112} $	$\bar{x}_{11}$	x_{121}	x_{122}	$D_{12} = x_{121} - x_{122} $	$\bar{x}_{12}$	$D_1 = \bar{x}_{11} - \bar{x}_{12} $
2	x_{211}	x_{212}	$D_{21} = x_{211} - x_{212} $	$\bar{x}_{21}$	x_{221}	x_{222}	$D_{22} = x_{221} - x_{222} $	$\bar{x}_{22}$	$D_2 = \bar{x}_{21} - \bar{x}_{22} $
.			.				.		.
.			.				.		.
.			.				.		.
8	x_{811}	x_{812}	$D_{81} = x_{811} - x_{812} $	$\bar{x}_{81}$	x_{821}	x_{822}	$D_{82} = x_{821} - x_{822} $	$\bar{x}_{82}$	$D_8 = \bar{x}_{81} - \bar{x}_{82} $
Average			$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum_{i=1}^8 D_{i1}}{n}$				$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum_{i=1}^8 D_{i2}}{n}$		$\bar{D}_M = \frac{\sum_{i=1}^8 D_i}{n}$

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์ค่าในตัวอย่าง ใช้สัญลักษณ์ x_{ijk}

โดยที่ i คือ จำนวนตำแหน่งตัวอย่างที่เก็บบนรุ่นสินค้าเดียวกัน ซึ่งเก็บตัวอย่าง 8

ตำแหน่ง $i = 1, 2, \dots, 8$

j คือ จำนวนตัวอย่างซ้ำที่มีตำแหน่งการเก็บใกล้เคียงกัน ซึ่ง $j = 1, 2$

k คือ จำนวนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่ง $k = 1, 2$

ที่มา: NT TECHNICAL REPORT 604 (2007)

4.2 คำนวณความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างในแผนการทดลองสำหรับแต่ละระยะ
หุตุยาคัที่ค่านัการเกับตัวย่าง โดยใชัหลักสตัคตัคคัฟัสย (Range Statistics) เพื่อกำนวณค่าเบั้ยง
มาตรฐานมาตรฐาน (Standard Deviation; S) และค่าเบั้ยงเบนมาตรฐานสั้มพัทท์ (Relative Standard
Deviation; RSD) ซึ่งค่าคังกล่าวสามารถอตับยาคัถึงค่าความไม่แน่นอนในตัวย่างได้ โดยวัศัการ
คำนวณเป็นไปตามหลักการในคู้มั่ว Nordtest Handbook (2007) โดยค่าความไม่แน่นอนที่คำนวณ
ได้ยัังสามารถบ่งบอคัถึงความสัม่เสมอของตัวย่างคู้ง 2 กลุ่มตัวย่างจากแต่ละตำแหน่งได้

4.3 พิจารณาความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่าง สรุปค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการเก็บตัวอย่าง และพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้ร่วมกับค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Measurement Uncertainty) ที่เกิดจากวิธีการเก็บตัวอย่างที่กำหนด เปรียบเทียบกับเกณฑ์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างที่ควบคุมในสินค้ากุ้งขาวแวนนาไม เพื่อสรุปความเหมาะสมของวิธีเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมกับสถานการณ์ของสินค้า

4.4 ทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง โดยทำการทดสอบเฉพาะระยะหยุดยาที่มีค่า Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่างมากกว่าศูนย์ ซึ่งทำการทดสอบแยกในแต่ละระยะหยุดยา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance หรือ ANOVA) ซึ่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากแต่ละตำแหน่ง

มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (Validation in Space) รอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยกำหนดปัจจัยที่ศึกษาคือ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง ($i = 1, 2, \dots, 8$) จำนวน 8 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งมีการเก็บตัวอย่างซ้ำ 2 ตัวอย่าง ดังนั้นจำนวนหน่วยทดลองมีทั้งสิ้น $8 \times 2 = 16$ ข้อมูลต่อแผนการทดลอง ซึ่งมีสมมติฐานทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งที่เก็บจากตำแหน่งรอบบ่อเพาะเลี้ยงในแต่ละระยะหยุดยาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

H_1 : ค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งที่เก็บจากตำแหน่งรอบบ่อเพาะเลี้ยงในแต่ละระยะหยุดยาต่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ข้อสมมติ (Assumption): ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติเป็นอิสระต่อกัน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวน σ^2 มีค่าคงที่ทุก ๆ ปัจจัย (Treatment)

5. ออกแบบบันทึกกระบวนการเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำตามหลักประกันคุณภาพ

ศึกษาข้อมูลสถานการณ์ของกระบวนการผลิต แล้วกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง ซึ่งระบุตัวแปรควบคุมที่ต้องการวัดในสินค้า ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า ระบุขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตั้งแต่การวางแผนการเก็บตัวอย่าง การเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง การกำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่าง ปริมาณการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง การจัดเก็บเพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง และการขนส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการทดสอบ จากนั้นประเมินความน่าเชื่อถือของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Validation) โดยพิจารณาถึงค่าความไม่แน่นอนจากกระบวนการวัด (Measurement Uncertainty) และค่าเฉลี่ยของปริมาณยาตกค้างที่วัดได้เพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ควบคุม (Enforcement Limit) ทำการออกแบบบันทึกกระบวนการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้อ้างอิงในการปฏิบัติงานเพื่อตรวจหาสารตกค้างในสินค้า และใช้เป็นข้อมูลเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับสถานการณ์ของสินค้า

ผลและวิจารณ์

การรายงานผลการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยส่วนแรก คือ ระบบการควบคุมมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทาน เพื่อทราบถึงสถานการณ์การผลิตและการควบคุมคุณภาพการผลิตกุ้งขาวของประเทศไทยในปัจจุบัน และเปรียบเทียบความสอดคล้องกับระบบประกันความปลอดภัยอาหารระดับชาติเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์เพื่ออาหารตามมาตรฐานโคเดกซ์ ส่วนที่สอง คือ การประมาณค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมเพื่อตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้าง เพื่อเป็นประโยชน์ในการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Validation) และชี้แจงความเหมาะสมของวิธีการชักตัวอย่าง (Fit of Use) ที่กำหนดขึ้น รวมถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และส่วนที่สาม คือ การสรุปแบบบันทึกเพื่อพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าตามหลักการประกันคุณภาพให้สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตจริง และสามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมได้

1. ระบบประกันความปลอดภัยอาหารระดับชาติเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์เพื่ออาหารตามมาตรฐานโคเดกซ์ และระบบการควบคุมมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทานของประเทศไทย

1.1 แนวทางปฏิบัติสำหรับการออกแบบและใช้ระบบประกันความปลอดภัยอาหารระดับชาติเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์เพื่ออาหารตามมาตรฐานโคเดกซ์ (CAC/GL 71 - 2009)

ระบบการประกันความปลอดภัยเกี่ยวกับยาสัตว์ในการผลิตสินค้าปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหารมีการออกแบบและการจัดการเพื่อให้มั่นใจว่าสินค้าจะไม่มีสารตกค้างจากยาสัตว์เกินระดับที่จะเกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คือ กลุ่มผู้ประกอบการในโซ่อุปทานการผลิตสินค้า และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ (Competence Authority) ในการควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์ต้องผ่านการตรวจประเมินตามหลักทางการเกษตรที่ดี (GAP) รวมถึงตรวจสอบปริมาณการกระจายของยาสัตว์ในระบบการผลิต (Inspection and Sampling) ว่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Level: MRL) มีความยุติธรรมทางการค้าของผู้ประกอบการรายต่าง ๆ รวมทั้งมีการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยจากยาสัตว์ตกค้างในสินค้าจากปศุสัตว์และสัตว์น้ำ การออกแบบระบบประกันความปลอดภัยเรื่องการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพื่ออาหารตามมาตรฐานของโคเดกซ์ แสดงได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ระบบควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหาร

ระบบการควบคุมความปลอดภัยจากการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหารตามแนวทางของเอกสาร CAC/GL 71 - 2009 มีความเชื่อมโยงกิจกรรมการดำเนินงานระหว่างผู้ประกอบการซึ่งมีส่วนสำคัญในการรับผิดชอบการตรวจสอบความปลอดภัยของสินค้าอาหาร และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ในการกำกับดูแลและระบบการผลิตสินค้าสัตว์น้ำเพื่ออาหาร ซึ่งเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตสินค้า โดยประกอบด้วยกิจกรรมโดยสรุป ดังนี้

1.1.1 การประเมินความเสี่ยงจากการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิต ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่มีส่วนรับผิดชอบในการประเมินความเสี่ยงจากสถานการณ์การผลิต โดยมีการระบุชนิดอันตรายของยาสัตว์ สถานการณ์ความรุนแรงจากการใช้ยาสัตว์ และสรุปสถานการณ์ความเสี่ยงเป็นไปตามรูปแบบชนิดของยาสัตว์ที่ใช้ ปริมาณการใช้ยาสัตว์ เส้นทางการรับยาไม่ว่าจะเป็นโดยตรงหรือทางอ้อม ได้แก่ การผสมในอาหารสัตว์หรือน้ำดื่ม สถานการณ์การปนเปื้อนในน้ำอาหารหรือสิ่งแวดล้อมในระบบการเพาะเลี้ยง และประเมินความเสี่ยง โดยมีการประเมินความรุนแรงของยาสัตว์ร่วมกับโอกาสของการรับยาสัตว์ของผู้บริโภค

1.1.2 การรับรองระบบการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำ ประกอบด้วยความรับผิดชอบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการผลิตสัตว์น้ำเพื่ออาหารตลอดโซ่อุปทาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ก. ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่มีการนำข้อมูลระดับของความเสี่ยงตามสถานการณ์การผลิตของแต่ละประเทศ จากการวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ความเสี่ยง มากำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ (Criteria) โดยระบุปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ที่มีความเหมาะสมเพื่อประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคจากการตกค้างของยาสัตว์ในสินค้า ทั้งนี้ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่มีส่วนรับผิดชอบในการระบุข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในส่วนของการผลิตและส่วนของการจัดจำหน่ายยาสัตว์ ซึ่งยาสัตว์ดังกล่าวต้องเป็นยาที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ถูกต้องตามกฎหมายภายในประเทศ รวมทั้งการตรวจรับรองระบบการผลิตเพื่อประกันความปลอดภัย

ข. ผู้ประกอบการ ผู้ประกอบการขึ้นต้นหรือผู้ประกอบการระดับฟาร์มควรเลือกใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตตามที่สัตวแพทย์อนุญาตให้ใช้เท่านั้น โดยปฏิบัติตามเอกสารกำกับยาสำหรับการให้ยาสัตว์อย่างเคร่งครัด ควรให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามระยะหยุดยาก่อนการฆ่าชำแหละหรือจับเพื่อจำหน่ายอย่างเคร่งครัด และมีระบบการผลิตสินค้าระดับฟาร์มตามหลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) สำหรับการเพาะเลี้ยง และควรมีระบบการบันทึกข้อมูลสำหรับการ

ผลิตในแต่ละขั้นตอนเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับของระบบการผลิต ในส่วนของผู้ประกอบการแปรรูปควรซื้อวัตถุดิบที่มีมาตรฐานความปลอดภัย มีการตรวจประกันระบบของผู้ส่งมอบสินค้าวัตถุดิบเพื่อเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบมีระยะหุดยาที่ถูกต้อง และสามารถตรวจสอบย้อนกลับเพื่อการบ่งชี้แหล่งที่มาของวัตถุดิบเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบมีระยะหุดยาที่ถูกต้องและมีระบบจัดการความปลอดภัยในการผลิตสินค้าภายในโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์คือ หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice: GMP) และมาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Hazard Analysis Critical Control Point: HACCP)

1.1.3 การทวนสอบของระบบควบคุมสินค้าปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหาร เป็นการตรวจสอบจุดที่ต้องการควบคุมในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าระบบการปฏิบัติงานและระบบการควบคุมปริมาณยาสัตว์ตกค้างมีประสิทธิภาพ ด้วยการสุ่มตัวอย่างสินค้าเพื่อตรวจวิเคราะห์ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของระบบการทวนสอบ โดยสามารถแบ่งชนิดและวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการทวนสอบ ดังนี้

ก. การทวนสอบระบบ (System Verification Programmes) เป็นการทวนสอบกระบวนการควบคุมว่าเป็นไปตามเป้าหมาย โดยมีการเก็บตัวอย่างโดยใช้หลักทางสถิติเพื่อตรวจสอบยาสัตว์ตกค้างในตัวสัตว์หรืออาหาร ซึ่งให้ความสำคัญในการเก็บตัวอย่างในกระบวนการผลิตและใกล้จุดชำแหละหรือการจับ (Harvest) ทั้งนี้เป็นการประกันระบบรับรองความปลอดภัยสินค้าจากปริมาณยาสัตว์ตกค้างก่อนการจับสัตว์จำหน่าย

ข. การทวนสอบการใช้ยาสัตว์ที่เป็นเป้าหมายตามระดับความเสี่ยง (Risk - target Verification Programmes) เพื่อการทวนสอบเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุ โดยการทวนสอบดังกล่าวพิจารณาเกี่ยวกับ ข้อมูลสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านมา เครื่องมือในการจัดการคุณภาพ ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณการใช้ยาสัตว์ ซึ่งการทวนสอบการใช้ยาสัตว์ใช้ควบคู่กับการทวนสอบระบบควบคุม โดยระบบการควบคุมให้ความสำคัญ ณ จุดก่อนการฆ่าชำแหละ (Pre - Harvest)

ค. การสำรวจ (Survey) เป็นกิจกรรมการประเมินสถานการณ์เบื้องต้นก่อนการทำกิจกรรมทวนสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรม โดยตัวแปรที่สนใจได้แก่ สถานที่ ฤดูกาล อายุต่อปริมาณสารตกค้าง

ง. การตรวจเช็คสินค้า ณ ด่านนำเข้า (Port of Entry Testing Programmes) ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ควรพิจารณาการตรวจสินค้า ณ ด่านนำเข้า เป็นกระบวนการทวนสอบขั้นที่สอง (Secondary Verification) สำหรับตรวจยืนยันคุณภาพความปลอดภัยของสินค้านำเข้า โดยเกณฑ์มาตรฐานสินค้านำเข้าถูกกำหนดด้วยประเทศผู้นำเข้า ซึ่งมักสอดคล้องกับเกณฑ์การควบคุมสินค้าที่ผลิตภายในประเทศนั้น การสุ่มตรวจตัวอย่างสามารถทำได้ด้วยวิธีเจาะจงเลือก (Targeted Sampling) นอกจากนั้นประเทศผู้นำเข้าอาจเพิ่มความถี่ในการตรวจได้กับชนิดสินค้าบางอย่างหากมีประวัติการตรวจพบปริมาณสินค้าไม่ผ่านเกณฑ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทวนสอบระบบควบคุมในช่วงเวลาดังกล่าว

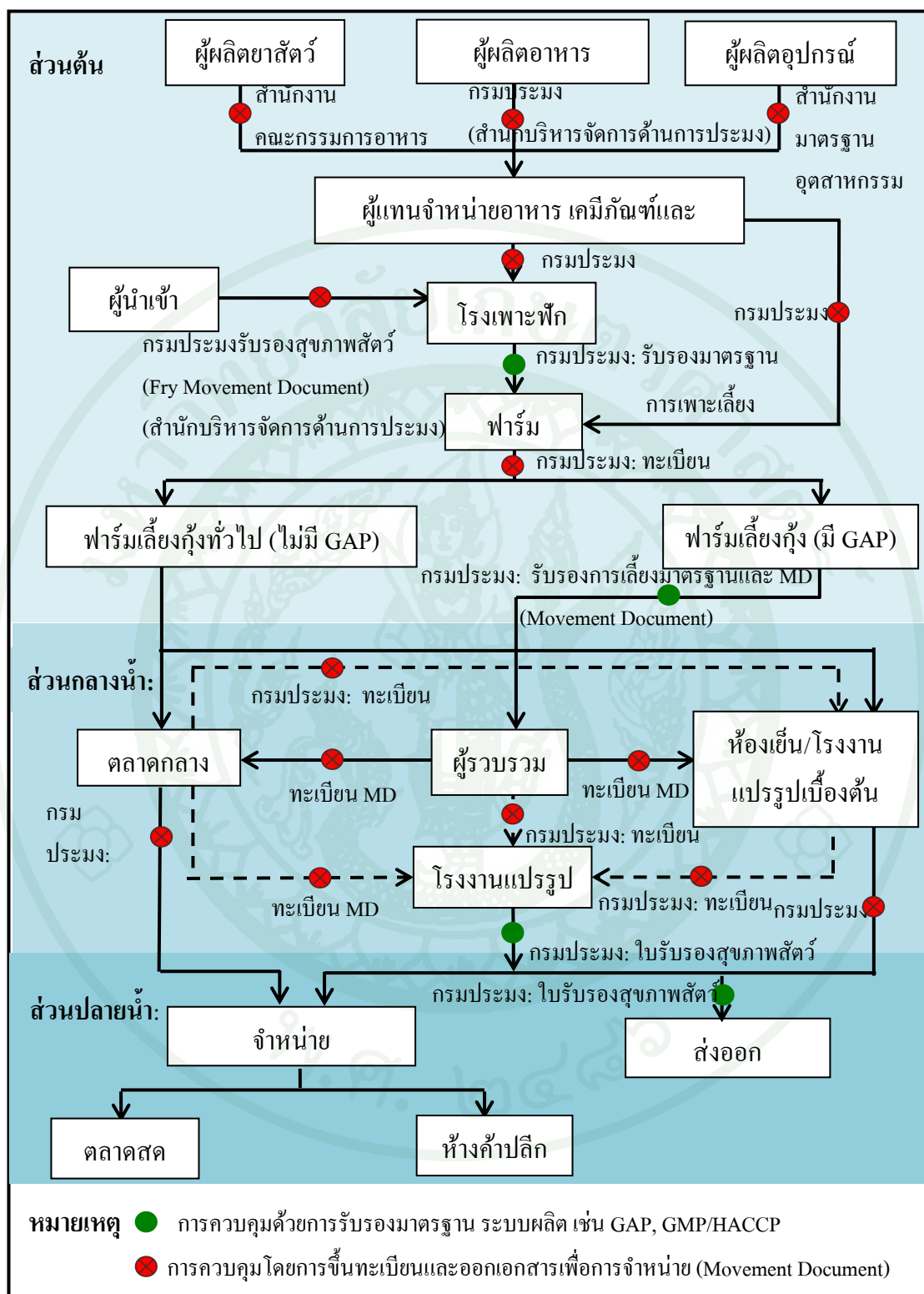
1.1.4 การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณยาสัตว์ตกค้างที่ควบคุมในตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ในสินค้า ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการควบคุมการใช้ยาสัตว์ในสินค้าปศุสัตว์หรือสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหาร การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างจากยาสัตว์ที่มีความน่าเชื่อถือต้องผ่านการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการตรวจสอบสมรรถนะของวิธีการวิเคราะห์

1.1.5 การสืบหาสาเหตุเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้ยาสัตว์ ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ต้องมีส่วนรับผิดชอบในการสรุปประเด็นปัญหาการใช้ยาสัตว์เกินปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ที่กำหนด และดำเนินการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการควบคุมยาสัตว์ในระบบการผลิตสินค้าของโซ่อุปทาน

1.2 กิจกรรมการควบคุมคุณภาพ ประสิทธิภาพ และข้อจำกัดภายใต้การดูแลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทาน

ประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการเพาะเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตในการเพาะเลี้ยง รวมทั้งกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงส่วนมากมีการส่งออกมากกว่าการบริโภคภายในประเทศ และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังได้รับการควบคุมมาตรฐานการผลิตตลอดโซ่อุปทาน ภายใต้การกำกับดูแลของกรมประมง และหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกุ้งขาวแวนนาไมมีมาตรฐานที่น่าเชื่อถือและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

โซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนต้นน้ำ ส่วนกลางน้ำ และส่วนปลายน้ำ จากการสัมภาษณ์และรวบรวมวรรณกรรมจากผู้ที่มีส่วนที่เกี่ยวข้องในการผลิต พบว่ามีระบบการควบคุมมาตรฐานการผลิตในแต่ละส่วนของโซ่อุปทานที่มีความเชื่อมโยงกันทั้งหมดตั้งแต่ส่วนของการเพาะเลี้ยงกุ้งระดับฟาร์มจนถึงส่วนของการแปรรูปเพื่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ซึ่งการควบคุมมาตรฐานการผลิตสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การควบคุมทะเบียนและมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทาน

จากแผนภาพสามารถแบ่งโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของไทยออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนต้นน้ำ ส่วนกลางน้ำ และส่วนปลายน้ำ พบว่าระบบการผลิตตลอดโซ่อุปทานมีการเชื่อมโยงการควบคุมกันหมด ประกอบกับปริมาณกุ้งที่ผลิตส่วนมากถูกผลิตเพื่อการส่งออก สินค้ากุ้งที่ผลิตเพื่อการส่งออกต้องมีการควบคุมมาตรฐานการออกไปรับรองสุขภาพสัตว์ (Health Certificate) ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับระบบการจัดการความปลอดภัยในการผลิตสินค้าภายในโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice: GMP) และมีมาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอาหาร (Hazard Analysis Critical Control Point: HACCP) รวมถึงการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) ในกระบวนการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งมีการควบคุมการเคลื่อนไหวสินค้า (Movement Document: MD) สำหรับการจำหน่ายวัตถุดิบกุ้งภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานสังกัดกรมประมง โดยเอกสาร MD จะออกให้ ณ ฟาร์มกุ้งที่ส่งตัวอย่างเพื่อตรวจสอบขนาด น้ำหนัก และสารตกค้างล่วงหน้าก่อนการจับเพื่อจำหน่าย โดยเอกสาร MD ดังกล่าวจะใช้อ้างอิงตลอดการซื้อขายกุ้งในส่วนกลางน้ำที่เกี่ยวข้องกับตลาดกลาง ห้องเย็น และโรงงานแปรรูป ดังนั้นจะพบว่าระบบควบคุมมาตรฐานกระบวนการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยค่อนข้างครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานสังกัดกรมประมงและการควบคุมมาตรฐานดังกล่าวสามารถทวนสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ จากแผนภาพที่ 19 สามารถอธิบายรายละเอียดของโซ่อุปทานกุ้งขาวแวนนาไมได้ดังนี้

1.1.1 ส่วนต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วย ผู้ผลิตยาสัตว์ ผู้ผลิตอาหาร ผู้ผลิตอุปกรณ์ ผู้แทนจำหน่ายอาหารเคมีภัณฑ์และอุปกรณ์ ผู้นำเข้าพันธุ์กุ้ง โรงเพาะฟักกุ้ง และฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีรายละเอียดการควบคุมมาตรฐานการผลิต ดังนี้

ก. ผู้ผลิตยาสัตว์ คือ ธุรกิจที่มีการผลิตเคมีภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจำพวกยารักษาโรค โดยผู้ผลิตเคมีภัณฑ์ต้องผ่านการตรวจสอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

ข. ผู้ผลิตอาหาร คือ ธุรกิจที่มีการผลิตอาหารสัตว์น้ำซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยผู้ผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้งขาวต้องผ่านการขึ้นทะเบียนกับกรมประมง เพื่อให้มีคุณภาพและความปลอดภัยตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

ก. ผู้ผลิตอุปกรณ์ คือ ธุรกิจผลิตอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่ อุปกรณ์เครื่องให้อากาศ โดยธุรกิจผลิตอุปกรณ์ต้องผ่านการตรวจสอบจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม

ง. ผู้แทนจำหน่ายอาหาร เคมีภัณฑ์ และอุปกรณ์ เป็นธุรกิจที่นำเอาปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่ อาหารกุ้ง อุปกรณ์เครื่องให้อากาศ มาจำหน่ายให้แก่เกษตรกรโดยตรง ต้องผ่านการตรวจสอบและควบคุมมาตรฐานโดยกรมประมง

จ. ผู้นำเข้าพันธุ์กุ้ง เกษตรกรผู้รับซื้อพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม ต้องดำเนินการขออนุญาตนำเข้ากุ้งขาวเข้ามาในราชอาณาจักร ณ ส่วนอนุญาตและจัดการประมง สำนักบริหารจัดการด้านการประมง ซึ่งต้องผ่านการตรวจสอบหลักฐานและสุ่มตรวจตัวอย่างตามพระราชบัญญัติโรคระบาดสัตว์ก่อนการได้รับอนุญาตให้นำเข้า

ฉ. โรงเพาะฟักกุ้ง เกษตรกรผู้ประกอบการ โรงเพาะฟักกุ้งต้องขึ้นทะเบียนกับกรมประมงให้ถูกต้อง ส่งผลให้เกิดการยอมรับและสร้างผลประโยชน์ให้กับเกษตรกร ในกรณีที่เกษตรกรต้องซื้อลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักมาเลี้ยง โดยพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์กุ้งที่นำเข้าจากต่างประเทศ ถูกนำเข้ามายังโรงเพาะฟักเพื่อให้ได้ลูกกุ้งซึ่งสามารถจำหน่ายให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งได้ จำนวนโรงเพาะฟักกุ้งจะขึ้นอยู่กับสถานะเศรษฐกิจรวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อเลี้ยงกุ้งคือ เมื่อสถานการณ์เลี้ยงกุ้งซบเซาจะส่งผลให้มีจำนวนโรงเพาะฟักกุ้งลดลง

ช. ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งต้องผ่านการขึ้นทะเบียนฟาร์มเลี้ยงกุ้งกับกรมประมง โดยเกษตรกรต้องซื้อลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักมาเลี้ยง เกษตรกรต้องขอเอกสารกำกับการซื้อขาย (Fry Movement Document: FMD) จากเจ้าของโรงเพาะฟักหรือตัวแทนที่ส่งมอบลูกกุ้งเมื่อมีการรับกุ้งเข้ามาเลี้ยง ทั้งนี้กรมประมงได้ออกระเบียบนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับ และติดตามแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งทั้งระบบได้อย่างรวดเร็ว และเอกสาร FMD ยังมีประโยชน์สำหรับเกษตรกรอีกครั้งในการนำไปประกอบการขอเอกสารกำกับการขายกุ้ง นอกจากนี้ เกษตรกรต้องมีการขึ้นทะเบียนการจัดการภายในฟาร์มตามหลักการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (GAP) ให้ถูกต้องตามหลักปฏิบัติสากลและเพื่อผลประโยชน์ของเกษตรกรเอง โดยผ่านการฝึกอบรม เพื่อยกระดับการเลี้ยงกุ้งให้มีมาตรฐานที่ผู้บริโภคเชื่อมั่น รวมถึงการควบคุมคุณภาพของการเลี้ยงกุ้ง โดยเกษตรกรต้องสุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อวัดขนาดและตรวจสอบโรคค้ำเป็น การเพิ่มการผลิต

ที่มีประสิทธิภาพ ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ และปลอดภัย อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรบางรายไม่ได้รับมาตรฐาน GAP ทำให้การจำหน่ายกุ้งไปยังผู้บริโภคเกิดการสวมรอยเกิดขึ้น

1.1.2 ส่วนกลางน้ำห้วงโซ่อุปทาน ประกอบด้วย ตลาดกลาง ผู้รวบรวม และห้องเย็น หรือโรงงานแปรรูปเบื้องต้น ในส่วนกลางน้ำมีรายละเอียดการควบคุมมาตรฐานการผลิต ดังนี้

ก. ตลาดกลาง เป็นแหล่งศูนย์กลางการซื้อ ขายกุ้งในแต่ละพื้นที่ โดยเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจะจับกุ้งเพื่อนำไปคัดขนาด และประมูลราคากุ้งตามขนาดเองที่ตลาดกลาง ซึ่งแหล่งตลาดกลางที่สำคัญของประเทศไทย คือ ตลาดกลางมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ตลาดกลางปากน้ำ จังหวัดนครศรีธรรมราช และตลาดกลางประมูลกุ้งภาคใต้จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ข. ผู้รวบรวม คือ ผู้รับซื้อกุ้งจากฟาร์มเพาะเลี้ยงโดยตรง จากนั้นนำไปจำหน่ายให้กับผู้บริโภคภายในประเทศ รวมถึงนำไปจำหน่ายห้องเย็นหรือโรงงานแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายสำหรับการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกต่างประเทศต่อไป

ค. ห้องเย็นหรือโรงงานแปรรูปเบื้องต้น มีกระบวนการแปรรูปกุ้งเพื่อการส่งออก โดยรับซื้อกุ้งจากฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งโดยตรง ซื้อผ่านผู้รับซื้อกุ้งเป็น หรือผ่านตลาดกลาง โดยมีการคัดขนาดกุ้งเอง ตรวจสอบเอกสารในการจำหน่ายกุ้งเกี่ยวกับ ขนาดของกุ้ง สารตกค้างในกุ้ง ลักษณะทางกายภาพของกุ้งให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งโรงงานแปรรูปดังกล่าวได้รับมาตรฐานการผลิตอาหารให้มีความปลอดภัยคือ มาตรฐาน GMP และ HACCP เพื่อให้สินค้าแปรรูปกุ้งที่ส่งออกมีมาตรฐานและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

การซื้อขายกุ้งในส่วนกลางน้ำ เกษตรกรต้องแจ้งความจำนงค์ก่อนการจับกุ้งจำหน่าย โดยต้องมีการเก็บตัวอย่างกุ้งสำหรับตรวจสอบขนาด น้ำหนัก และปริมาณสารตกค้างในกุ้งกับทางห้องปฏิบัติการของสำนักงานประมงจังหวัดที่รับผิดชอบในสังกัดของกรมประมง ซึ่งมีการตรวจสอบยาปฏิชีวนะ ได้แก่ Oxytetracycline, Oxolinic Acid, Chloramphenicol, Fluroquinolone เป็นต้น และกรมประมง จะออกเอกสารการควบคุมการเคลื่อนไหวสินค้า (Movement Document: MD) เพื่ออ้างอิงตลอดการซื้อขาย เป็นเอกสารที่สามารถบ่งบอกว่าผลผลิตกุ้งถูกนำไปจำหน่ายที่ใดบ้าง ซึ่งเอกสาร MD จะออกให้ ณ ฟาร์มกุ้งที่ได้ส่งตัวอย่างกุ้งตรวจสอบตกค้างแล้ว 3 สัปดาห์ล่วงหน้าก่อนการจับจำหน่าย รวมถึงการตรวจสอบปริมาณ ขนาด และน้ำหนักของกุ้งในบ่อดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อทราบปริมาณกุ้งขาวที่เกษตรกรจะจับขายโดยต้องมีความ

เหมาะสมกับปริมาณลูกกุ้งที่ซื้อมาเลี้ยง ซึ่งการขอเอกสาร MD เกษตรกรต้องนำเอกสาร FMD จาก การซื้อลูกกุ้งมาเพาะเลี้ยงข้างต้น มาประกอบการขอเอกสาร เนื่องจากถ้าไม่มีเอกสารดังกล่าว กรม ประมงไม่สามารถออกเอกสาร MD ให้เกษตรกรได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถจำหน่ายกุ้ง ได้ ในกรณีนี้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้อย่างละเอียด จึงอาจเกิดปัญหาการ สวมรอยในการจำหน่ายกุ้งได้

1.1.3 ส่วนปลายน้ำห่วงโซ่อุปทาน ประกอบด้วยผู้บริโภคภายในประเทศ และ ผู้บริโภคต่างประเทศ ผู้บริโภคภายในประเทศบริโภคกุ้งขาวในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูป และกุ้งสด โดยรับซื้อกุ้งผ่านตลาดกลาง ผู้รวบรวม ห้องเย็นหรือโรงงานแปรรูปเบื้องต้น และ โรงงานแปรรูป โดยเกษตรกรจะจับกุ้งส่งตลาดกลางหรือแพกุ้งเพื่อทำการประมุลราคากุ้ง กรณีนี้ ผู้ผลิตจะต้องคัดขนาดเองหรือจ้างตลาดกลางในการคัดขนาดกุ้งและทำการประเมินราคาตามขนาด กรณีที่มีผู้มารับซื้อที่ฟาร์มทั้งห้องเย็น หรือผู้รับซื้อกุ้งเป็น จะทำการคัดขนาดเอง โดยห้องเย็นจะ ตรวจสอบเอกสารที่มีข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของกุ้ง สารตกค้างในกุ้ง และลักษณะทางกายภาพของกุ้ง ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกมีหลากหลายรูปแบบทั้งกุ้งสดแช่เย็น แช่ แข็ง และกุ้งแปรรูปพร้อมบริโภค ต้องมีการควบคุมมาตรฐานการออกใบรับรองสุขภาพสัตว์ (Health Certificate) ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับระบบการจัดการความปลอดภัยในการผลิตสินค้าภายใน โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice: GMP) และมีมาตรการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอาหาร (Hazard Analysis Critical Control Point: HACCP)

1.3 ความสอดคล้องของระบบการควบคุมมาตรฐานตลอดโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย กับข้อกำหนดการประกันความปลอดภัยในสินค้าตามมาตรฐาน โคเดกซ์

จากการศึกษาแนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบและใช้ระบบประกันความปลอดภัย อาหารระดับชาติเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหาร (CAC/GL 71 - 2009) พบว่าแนวทางปฏิบัติของโคเดกซ์ได้ระบุถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการรับผิดชอบภายในโซ่อุปทาน การผลิตสินค้า เพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าปลอดภัยจากยาสัตว์หรือสารเคมีตกค้างนั้นมีอยู่ 2 ส่วน หลักคือ ผู้ประกอบการตลอดโซ่อุปทาน และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ โดยการดำเนินงานของ สองส่วนนี้ต้องมีความสอดคล้องกันเพื่อสร้างประสิทธิภาพของระบบประกันความปลอดภัย ซึ่ง แนวทางการปฏิบัติดังกล่าวมีความสอดคล้องกับระบบการควบคุมมาตรฐานตลอดโซ่อุปทานการ ผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย เนื่องจากระบบควบคุมมาตรฐานกระบวนการผลิตกุ้งขาว

แวนนาไมของประเทศไทยค่อนข้างครบถ้วนสมบูรณ์ โดยอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่คือ หน่วยงานสังกัดกรมประมง

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบระบบการควบคุมมาตรฐานตลอดโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย และข้อกำหนดการประกันความปลอดภัยในสินค้าตามมาตรฐาน โคเด็กซ์

มาตรฐานโคเด็กซ์	มาตรฐานการผลิตของประเทศไทย
1. การประเมินความเสี่ยงจากการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตโดยส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่	กรมประมง: ประเมินรูปแบบและปริมาณการใช้ยาสัตว์ในระบบผลิต ระบุปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ที่มีความเหมาะสม
2. การรับรองระบบการผลิตปศุสัตว์และสัตว์น้ำ	ผู้ประกอบการฟาร์ม: ดำเนินการผลิตภายใต้หลัก GAP ผู้ประกอบการแปรรูป: ซื่อสัตย์สุจริตที่มีมาตรฐานความปลอดภัย มีการตรวจประกันระบบของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ กรมประมง: ตรวจสอบการผลิตรายเกษตรกรให้เป็นไปตามหลัก GAP และควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์หรือสารเคมีในฟาร์ม
3. การทวนสอบของระบบควบคุมสินค้าสัตว์น้ำเพื่ออาหาร	ผู้ประกอบการฟาร์ม: สุ่มตัวอย่างสินค้าเพื่อตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์ กรมประมง: ตรวจสอบสินค้า ณ จุดก่อนการจับหรือฆ่าแช่แข็ง (Pre - Harvest)
4. การสืบหาสาเหตุเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้ยาสัตว์	กรมประมง: รวบรวมข้อมูลการใช้ยาสัตว์เกินระดับมาตรฐานของเกษตรกร และดำเนินการแก้ไขปัญหา

ตามแนวทางปฏิบัติตามมาตรฐานโคเดกซ์ ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่มีส่วนรับผิดชอบ ในการควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์ในกระบวนการผลิต รวมถึงตรวจสอบปริมาณการกระจายของยาสัตว์ในระบบการผลิต เพื่อประเมินความเสี่ยงจากสถานการณ์การผลิตจากการใช้ยาสัตว์ แล้วกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ โดยระบุปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ที่มีความเหมาะสม รวมทั้งมีการให้ข้อมูลกับผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยจากยาสัตว์ตกค้างในสินค้าจากปศุสัตว์ และสัตว์น้ำ ทั้งนี้ผู้ประกอบการฟาร์มต้องให้ความสำคัญกับการผลิตภายใต้หลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ส่วนผู้ประกอบการแปรรูปควรซื้อวัตถุดิบที่มีมาตรฐานความปลอดภัย มีการตรวจประกันระบบของผู้ส่งมอบวัตถุดิบเพื่อเป็นการยืนยันว่าวัตถุดิบมีระยะหยุดยาที่ถูกต้อง และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ นอกจากนี้มาตรฐานโคเดกซ์ได้ระบุถึงระบบการทวนสอบเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่ามีระบบการปฏิบัติงานและระบบการควบคุมปริมาณยาสัตว์ตกค้างมีประสิทธิภาพ ด้วยการสุ่มตัวอย่างสินค้าเพื่อตรวจวิเคราะห์ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของระบบการทวนสอบได้แก่ การทวนสอบระบบ การทวนสอบการใช้ยาสัตว์ที่เป็นเป้าหมายตามระดับความเสี่ยง การสำรวจ และการตรวจเช็คสินค้า ณ ด่านนำเข้า โดยตัวอย่างสินค้าต้องผ่านการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อให้มีความสอดคล้องกับให้เป็นไปตามข้อกำหนดของปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ในสินค้า และในกรณีที่เกิดปัญหาการใช้ยาสัตว์เกินปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่ต้องสืบหาสาเหตุเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ระบบควบคุมมาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยมีความสอดคล้องกับแนวทางการปฏิบัติตามมาตรฐานโคเดกซ์ โดยผู้ประกอบการตั้งแต่ส่วนต้นน้ำของโซ่อุปทานที่สำคัญได้แก่ ผู้ผลิตยาและเคมีภัณฑ์ ผู้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ ตัวแทนจำหน่ายอาหารและเคมีภัณฑ์ ผู้นำเข้าพันธุ์กุ้ง รวมทั้งฟาร์มเลี้ยงกุ้ง มีการควบคุมมาตรฐานโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คือ หน่วยงานสังกัดกรมประมง ซึ่งการควบคุมดูแลมีการเชื่อมโยงกันผ่านระบบการขึ้นทะเบียน เพื่อให้มีความเป็นระบบเชื่อมโยงกันทั่วประเทศ ทั้งนี้ผู้ประกอบการ โดยเฉพาะผู้ประกอบการในระดับฟาร์มต้องมีการขึ้นทะเบียนเกษตรกรให้ถูกต้อง และดำเนินการผลิตภายใต้หลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ซึ่งหน่วยงานสังกัดกรมประมงแต่ละพื้นที่มีหน้าที่ในการตรวจประเมินการผลิตของเกษตรกรให้เป็นไปตามหลักการของ GAP และควบคุมปริมาณการใช้ยาสัตว์หรือสารเคมีในฟาร์มเพาะเลี้ยง รวมทั้งยังมีส่วนในการให้ความรู้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง นอกจากนี้ระบบการควบคุมมาตรฐานของไทยยังให้ความสำคัญกับระบบการทวนสอบ โดยเกษตรกรต้องมีการสุ่มตัวอย่างสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมเพื่อตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้างกับหน่วยงานสังกัดกรมประมง ก่อนการจับเพื่อจำหน่าย (Pre – Harvest) เพื่อการทวนสอบเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ให้เป็นไปตาม

เงื่อนไขที่ระบุ ให้มีความสำคัญ ณ จุดก่อนการจับ (Pre - Harvest) และมีการนำตัวอย่างสินค้าไปตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างกับทางห้องปฏิบัติการของกรมประมง เพื่อรับรองความปลอดภัยจากยาสัตว์ในสินค้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดของปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ในสินค้า เพื่อกรมประมงจะออกเอกสารกำกับกับการจำหน่ายเพื่อรับรองผลผลิตกุ้ง เป็นการสร้างความเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยและมีมาตรฐานสำหรับการส่งออก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบการควบคุมมาตรฐานการผลิตตลอดโซ่อุปทานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยค่อนข้างเป็นระบบ และมีความสมบูรณ์ จึงสามารถสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคได้

2. ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Validation) บ่งชี้ถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Fit of Use) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างตามแผนการวิจัย ซึ่งทำการตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างจากตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไม โดยศึกษาปัจจัยความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างในระยะหยุดยาที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ซึ่งแสดงผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่าง และผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

2.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ และการประมาณค่าความความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

การประมาณค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด (Measurement Uncertainty; $U_{\text{Measurement}}$) โดยมีการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty; U_{Sampling}) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด เนื่องจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ (Analysis Uncertainty; U_{Analysis}) มีการควบคุมโดยการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการที่มีมาตรฐานสากล ซึ่งค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างสามารถประมาณโดยวางแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design ในการเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งรอบบ่อเพาะเลี้ยง ตำแหน่งละ 2 ตัวอย่าง และวิเคราะห์ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลการวิเคราะห์ผลปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งที่ระยะหยุดยาต่าง ๆ มาคำนวณค่าความไม่แน่นอนด้วยหลักสถิติพิสัย (Statistic Range) แสดงรายละเอียดผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน ดังตารางภาคผนวกที่ ก2 และ ก3 ตามลำดับ ในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน ดัง

ตารางภาคผนวกที่ ข2, ข3 และ ข4 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน และ 3 เดือน ดังตารางที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1, 11 และ 15 วัน

ระยะหยุดยา (วัน)	ค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline (ppm)	ค่าความไม่แน่นอน (ร้อยละของค่าเฉลี่ยระดับยา)
		U_{Sampling}
1	0.7131	12.74
11	0.0000	0.00
15	0.0000	0.00

จากตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยาต่าง ๆ พบว่าที่ระยะหยุดยา 1 วัน มีค่าเฉลี่ยของยาที่ตรวจพบสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมคือ 0.10 ppm แต่หลังจากหยุดยาไปแล้ว 11 วัน พบว่าไม่พบปริมาณการตกค้างของยา Oxytetracycline ในตัวอย่างกุ้งเลย จากผลการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าว สังเกตได้ว่าหลังจากมีการหยุดให้ยาแล้ว ปริมาณยาที่ตกค้างของยามีการลดลงอย่างต่อเนื่องจนไม่เหลือการตกค้างเลยในวันที่ 11 ของการหยุดยา ดังนั้นจึงมีการตรวจยืนยันผลอีกครั้งในวันที่ 15 ของการหยุดยาพบว่าไม่พบการตกค้างของยาในตัวอย่างกุ้งเช่นกัน

เมื่อมีการประมาณค่าความไม่แน่นอน โดยการคำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากแต่ละระยะหยุดยา พบว่าที่ระยะหยุดยา 1 วันมีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) เท่ากับร้อยละ 12.74 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้คือ 0.7131 ppm ส่วนที่ระยะหยุดยา 11 และ 15 วัน มีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) เท่ากับร้อยละ 0.00 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้คือ 0.0000 ppm เนื่องจากไม่พบปริมาณการตกค้างของยา Oxytetracycline ในตัวอย่างเลย

ตารางที่ 9 ผลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1, 4, 8 และ 11 วัน

ระยะหยุดยา (วัน)	ค่าเฉลี่ยปริมาณยา	ค่าความไม่แน่นอน (ร้อยละของค่าเฉลี่ยระดับยา)
	(ppm)	U_{Sampling}
1	0.7675	17.90
4	0.0088	50.66
8	0.0000	0.00
11	0.0000	0.00

จากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตรวจพบในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน ไม่พบการตกค้างของยาหลังหยุดยา 11 วัน จึงกำหนดการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนในวันที่ 1, 4, 8 และ 11 วันของการหยุดยา โดยตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยาต่าง ๆ พบว่าที่ระยะหยุดยา 1 วัน มีค่าเฉลี่ยของยาที่ตรวจพบสูงกว่าเกณฑ์ควบคุมเช่นกันคือ 0.10 ppm ซึ่งกุ้งอายุ 3 เดือนมีปริมาณยาที่ตรวจพบมากกว่ากุ้งที่มีอายุ 2 เดือน แต่หลังจากระยะหยุดยา 1 วัน พบว่าปริมาณยาตกค้างในกุ้งมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งที่ระยะหยุดยา 4 วันมีปริมาณยาลดลงจากวันที่ 1 ของการหยุดยาอย่างรวดเร็ว จนไม่เหลือการตกค้างเลยในวันที่ 8 ของการหยุดยา ดังนั้นจึงมีการตรวจยืนยันผลอีกครั้งในวันที่ 11 ของการหยุดยาพบว่าไม่พบการตกค้างของยาในตัวอย่างกุ้งเช่นกัน

เมื่อมีการประมาณค่าความไม่แน่นอน โดยการคำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากแต่ละระยะหยุดยา พบว่าที่ระยะหยุดยา 1 วันมีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) เท่ากับร้อยละ 17.90 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้คือ 0.7675 ppm ที่ระยะหยุดยา 4 วันมีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) เท่ากับร้อยละ 50.66 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้คือ 0.0088 ppm ทั้งนี้ค่าความไม่แน่นอนที่สูงเกิดจากการตรวจปริมาณยา Oxytetracycline ในตัวอย่างมีค่าน้อยมากจนแทบจะไม่พบปริมาณการตกค้างของยาในตัวอย่างเลย จึงส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่างที่ระยะหยุดยาดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณยาที่ตรวจพบมีค่าต่ำมาก ส่วนที่ระยะหยุดยา 8 และ 11 วัน มีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) เท่ากับร้อยละ 0.00 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้คือ 0.0000 ppm เนื่องจากไม่พบปริมาณการตกค้างของยา Oxytetracycline ในตัวอย่างเลย

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมจากบ่อเพาะเลี้ยง ดังข้อมูลในตารางที่ 8 และ 9 พบว่าที่ระยะหยดยา 1 วันตัวอย่างกุ้งอายุ 2 มีความสม่ำเสมอของยา Oxytetracycline ที่วัดได้ใน 2 กลุ่มตัวอย่างสูงกว่ากุ้งอายุ 3 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากกุ้งอายุ 2 เดือนเป็นวัยกำลังเจริญเติบโตจึงส่งผลให้ขนาดของกุ้งมีความสม่ำเสมอมากกว่ากุ้งอายุ 3 เดือนซึ่งเป็นวัยที่โตเต็มที่แล้ว โดยในวัยดังกล่าวอาจส่งผลให้มีกุ้งหลายขนาดปะปนกันอยู่ และพบว่าแหล่งที่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดมาก คือ ความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง มีข้อสมมติว่าค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ไม่มีผลต่อค่าความไม่แน่นอนของการวัดหรือมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากการวิเคราะห์ผลปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง ผ่านการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ได้รับการประกันคุณภาพตามระบบ ISO/IEC 17025: 2005 ซึ่งกำหนดให้มีการวัดซ้ำ และทำซ้ำ การวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการวิเคราะห์จึงสามารถกำหนดปัจจัยควบคุมความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ได้ ซึ่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ส่วนใหญ่มีระบบควบคุมภายใน (Internal Quality) วิธีการควบคุมคุณภาพของขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ การทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น (Validity and Reliability) จึงส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่าค่าความไม่แน่นอนจากการวิเคราะห์ และมีผลกระทบต่อค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัดมากกว่า โดยค่าความไม่แน่นอนจากการเก็บตัวอย่างดังกล่าวสามารถควบคุมได้ยากกว่าการวิเคราะห์ เนื่องจากเกิดจากความคลาดเคลื่อนหลายปัจจัยคือ วิธีการเก็บตัวอย่าง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเก็บตัวอย่าง ปริมาณตัวอย่าง ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานในการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างหรือแบ่งลดปริมาณตัวอย่าง รวมถึงธรรมชาติของตัวสินค้า (Nature of Commodities) จึงส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างมีผลต่อค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัดมากกว่าค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ ซึ่งการลดค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่เก็บ การใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในการเก็บตัวอย่าง เป็นต้น

จากข้อมูลการประมาณค่าความไม่แน่นอนของกระบวนการวัด สามารถนำไปประกอบการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง ว่ามีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานหรือไม่ โดยนำข้อมูลมาประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (U_{Sampling}) และพิจารณาว่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้ร่วมกับค่าเฉลี่ยของยาสัตว์ที่ตรวจพบ (Average Value) ในตัวอย่าง เพื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุม (Enforcement Limit) ของยา Oxytetracycline ในสินค้า ข้อมูลนี้สามารถบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Fit of Use) จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง พบว่าค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างจากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างกุ้งที่มีค่าสูงที่สุดคือ ร้อยละ 50.66 ของค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัด

ได้คือ 0.0088 ppm ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้ โดยผลการตรวจปริมาณยา Oxytetracycline ในตัวอย่างมีค่าน้อยมากจนแทบจะไม่พบปริมาณการตกค้างของยาในตัวอย่างเลย จึงส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่างที่ระยะหยุดยาดังกล่าวมีค่าสูง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตรวจพบคือ 0.0088 ppm รวมกับค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด ซึ่งเกิดจากปัจจัยความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างเป็นหลักคือ ร้อยละ 50.66 ของค่าเฉลี่ย ปริมาณยาที่วัดได้ สามารถประมาณช่วงความเป็นไปได้ของปริมาณยาตกค้างในรูป $0.0088 \pm (50.66\% \times 0.0088)$ นั่นคือมีค่าระหว่าง [0.0043, 0.0133] ppm ไม่เกินเกณฑ์ที่ควบคุม ซึ่งกำหนด มาตรฐานสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมระบุเกณฑ์ควบคุมปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในสินค้ากุ้ง ไม่เกิน 0.10 ppm ดังนั้นการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างตามที่กำหนดในปัจจุบันมีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of Use) ประกอบกับผลการตรวจสอบสารตกค้างในตัวอย่างกุ้งหลังจากหยุดยา 8 วัน ไม่พบปริมาณยาในตัวอย่างกุ้งที่วิเคราะห์เลย ในขณะที่ข้อกำหนดตามหลักปฏิบัติที่ดีในการเลี้ยงให้ หยุดยา 21 วันก่อนการจับ ดังนั้นผลวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบ ควบคุมการผลิตภายใต้หลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ว่าสามารถประกันความปลอดภัย จากยาสัตว์ตกค้างในสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหารได้

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของค่าเฉลี่ยปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งจากตำแหน่งของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของการกระจายของ ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง โดยทดสอบความแตกต่างของปริมาณยาที่วัดได้ ในตัวอย่างกุ้ง ซึ่งพิจารณาดำเนินการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) ทั้งนี้ ทำการทดสอบเฉพาะระยะหยุดยาที่มีค่าปริมาณ Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่างมากกว่าศูนย์ ประกอบด้วย 3 กลุ่มคือ กุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน กุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน และ 4 วัน โดยสรุปผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการทดสอบความแตกต่างของปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากตำแหน่ง การเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ซึ่งข้อมูลดังกล่าว ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง คือ The Normality Assumption The Outliers The Constant Variance Assumption และ The Treatment - block Interaction Assumption พบว่ากุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน และกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา

1 วันเท่านั้นที่มีสมมติฐานต่าง ๆ เป็นจริงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือดังแสดงในภาพผนวกที่ ค1 - 6 และสามารถสรุปผลการทดสอบกึ่งอายุ 2 เดือนและ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน ดังตารางที่ 10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ของกึ่งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน

Source	SS	DF	MS	F	P-Value
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง (i= 8)	0.10629	7	0.01518	6.44	0.009
Error	0.01885	8	0.00236		
Total	0.12514	15			

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ของกึ่งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน

Source	SS	DF	MS	F	P-Value
ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง (i = 8)	0.08110	7	0.01159	2.47	0.115
Error	0.03760	8	0.00470		
Total	0.11870	15			

ตารางที่ 10 และ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างกึ่งอายุ 2 เดือนและ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน ตามลำดับ โดยพิจารณาถึงตำแหน่งตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง ซึ่งเมื่อเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วันจากตำแหน่งต่าง ๆ รอบบ่อเพาะเลี้ยงมาตรวจสอบการตกค้างของยา Oxytetracycline โดยเปรียบเทียบค่า P - Value ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่งมีค่า P - Value เท่ากับ 0.009 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ ปริมาณยาที่วัดได้ในตัวอย่างจากตำแหน่งของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวอย่างกึ่งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วันจากตำแหน่งต่าง ๆ รอบบ่อเพาะเลี้ยง พบว่าตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่งมีค่า P - Value เท่ากับ 0.115

ซึ่งมีค่ามากกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ ปริมาณยาที่วัดได้ในตัวอย่างจากตำแหน่งของตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการทดสอบความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของการกระจายของปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างที่วัดได้จากตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่งในตัวอย่าง กุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 4 วัน เมื่อมีการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความน่าเชื่อถือของ แบบจำลอง พบว่า The Normality Assumption ไม่เป็นจริง ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไม่ ใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เพื่อ เพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์โดยวิธี The Kruskal – Wallis Test ดังภาพภาคผนวกที่ ค7 เปรียบเทียบค่า P – Value ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่งมีค่า P – Value เท่ากับ 0.070 ซึ่งมีค่ามากกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ ปริมาณยาที่วัด ได้ในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 4 วัน จากตำแหน่งของตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากผลการทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างใน ตัวอย่างกุ้งเมื่อพิจารณาในตำแหน่งต่าง ๆ รอบบ่อเพาะเลี้ยง พบว่ากุ้งอายุ 3 เดือนมีความสม่ำเสมอ ของปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างมากกว่ากุ้งอายุ 2 เดือน นั่นคือ ปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากแต่ละตำแหน่งของตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. สรุปแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำตามหลักประกันคุณภาพ

การพัฒนาแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำตามหลักประกัน คุณภาพ แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการเก็บตัวอย่าง โดยแบบบันทึกดังกล่าวมีความ สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตในปัจจุบัน จากการออกแบบบันทึกเพื่อพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่าง สินค้ากรณีศึกษาตามหลักการประกันคุณภาพ สามารถสรุปตัวอย่างรูปแบบบันทึกที่รายละเอียดเพื่อ การเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง แสดงดังภาพที่ 20

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ สินค้า: กุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยง	
1. ข้อมูลตัวแปรคุณภาพที่ต้องการวัด	
ตัวแปรคุณภาพ	: ปริมาณยาตัว Oxytetracycline (ppm)
วิธีการวิเคราะห์	: In - house method TE – CH - 003 based on AOAC (2005) 995.09
เกณฑ์ควบคุม	: ไม่เกิน 0.10 ppm
2. ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า	
ลักษณะสินค้า	: กุ้งขาวแวนนาไมสดจากการเพาะเลี้ยง
ระบบการจัดการคุณภาพ	: หลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP)
กระบวนการผลิต	: มีการบันทึกการให้ยา และระบะหยุดยา
ตัวบ่งชี้รุ่นสินค้า	: บันทึกการเพาะเลี้ยง
ลักษณะรุ่นสินค้า	: กุ้งมีชีวิตอยู่ในบ่อเพาะเลี้ยง
สถานที่เก็บตัวอย่าง	: ฟาร์มเพาะเลี้ยง บ่อดินขนาดกว้าง 40 × 50 เมตร สูง 1.5 เมตร
3. วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า	
อุปกรณ์การเก็บ	1) แห
วิธีการเก็บตัวอย่าง	2) ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ขนาด 8 × 12 นิ้ว แบบมีซิปปิด
	3) กล้องโฟม และน้ำแข็งรักษาอุณหภูมิ : เหยียงแห ไม่น้อยกว่า 4 มุมของบ่อ โดยการเหยียงแห แต่ละครั้งจากแต่ละมุมของบ่อ ให้ได้ 500 กรัมต่อจุด เพื่อให้ได้ตัวอย่างรวมกันจากแต่ละตำแหน่ง

ภาพที่ 20 ตัวอย่างแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพสินค้า: กุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยง

แบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพ				
สินค้า: กุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยง				
3. วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (ต่อ)				
จำนวนตัวอย่าง	: เก็บตัวอย่างอย่างน้อย 4 จุดจุดละ 500 กรัมต่อบ่อ			
ปริมาณการเก็บ	: สุ่มกุ้งอย่างน้อยจาก 4 จุดจุดละ 500 กรัมรวมกัน ประมาณ 2,000 กรัม			
การเตรียมและการเก็บตัวอย่างเพื่อส่งห้องปฏิบัติการ	: แบ่งตัวอย่างกุ้งจากตัวอย่างรวมทั้งหมดยอดออกมาเพียง 500 กรัมให้ได้ 1 ตัวอย่าง เพื่อทำให้สลับด้วยน้ำแข็งบรรจุในถุงพลาสติกแบบมีซิปปิดเก็บในกล่องโฟมรักษาอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C			
การขนส่งและเก็บรักษาตัวอย่าง	: ส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ภายใน 1 วัน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C			
4. ค่าแสดงความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนตามแผนการทดลองแบบ Two-split Level Replication Design ของกุ้งขาวจากการเพาะเลี้ยง ดังภาคผนวกที่ ข3)				
ปัจจัยทดสอบความใช้ได้ (Sampling Validation)	ค่าเฉลี่ย* (ppm)	ค่าความไม่แน่นอน (ร้อยละของค่าเฉลี่ยระดับยา)		
		U _{Sampling}	U _{Analysis}	U _{Measurement}
ตำแหน่งสินค้า	0.0088	50.66	0.00	50.66
หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยวัดได้หลังหยุดยา 4 วัน แต่หลังจากหยุดยา 8 วัน ไม่พบยาตกค้างทุกตัวอย่าง				
5. สรุปความเหมาะสม และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง				
วิธีการชักตัวอย่างเหมาะสมกับการใช้งาน (Fit of use) สรุป: ค่าปริมาณยาสัตว์ตกค้างในกุ้งและค่าความไม่แน่นอนของการวัด (U _{Measurement}) ค่าเฉลี่ยจากการวัดปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในกุ้ง คือ 0.0088 ppm ± (50.66% × 0.0088) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง [0.0043, 0.0133] เมื่อเทียบกับเกณฑ์ควบคุมปริมาณยาต้องไม่เกิน 0.10 ppm พบว่าค่าปริมาณยาสัตว์ที่วัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุม ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่างที่ระบุในข้อ 3 จึงสามารถใช้ได้กับสถานการณ์ระดับค่าเฉลี่ยปริมาณยาสัตว์ตกค้างของกุ้งขาวแวนนาไมปัจจุบัน				

ภาพที่ 20 (ต่อ)

จากภาพที่ 20 เป็นการนำเสนอตัวอย่างรูปแบบบันทึกเพื่อการพัฒนาวิธีการชักตัวอย่างตามหลักประกันคุณภาพสินค้า รวมถึงการนำเสนอรายละเอียดของกระบวนการเก็บตัวอย่างสินค้ากึ่งขาวแว่นาไมจากการเพาะเลี้ยง สำหรับใช้ประกอบการเก็บตัวอย่างสินค้าเพื่อการตรวจสอบปริมาณยาตัวตกค้าง ณ จุดก่อนการจับจำหน่าย (Pre - Harvest) แบบบันทึกดังกล่าวประกอบด้วย ข้อมูลตัวแปรคุณภาพของสินค้าที่ต้องการวัด ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าที่ต้องรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling Field Report) เพื่อแสดงข้อมูลลักษณะของสินค้าได้แก่ ระบบการจัดการคุณภาพ กระบวนการผลิต และตัวบ่งชี้ลักษณะรุ่นสินค้า วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (Sampling Procedure) การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ปริมาณการเก็บ ข้อมูลการระบุถึงขั้นตอนการขนส่ง จัดเก็บรักษาตัวอย่าง และการขนส่งตัวอย่างผู้ห้องปฏิบัติการทดสอบ รวมถึง ข้อมูลแสดงความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง ด้วยค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปสรุปในเอกสารรายงานการชักตัวอย่าง และใช้เป็นคู่มือสำหรับการปฏิบัติงานตามสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยในกรณีที่เกษตรกรต้องการจำหน่ายกึ่งในช่วงอายุโตเต็มวัย นั่นคือ ช่วงอายุ 3 เดือนขึ้นไป สามารถเก็บตัวอย่างกึ่งตามรายละเอียดที่นำเสนอไว้ในแบบบันทึกเนื่องจากกึ่งอายุดังกล่าวมีความสม่ำเสมอภายในรุ่นสินค้าสูง แต่ในกรณีที่เกษตรกรต้องการจำหน่ายกึ่งที่มีอายุต่ำกว่านี้ เกษตรกรสามารถเก็บตัวอย่างโดยเพิ่มจุดในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า

ข้อมูลที่แสดงถึงความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าในแบบบันทึกการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างของสินค้ากึ่งขาวแว่นาไมจากการเพาะเลี้ยงเพื่อการตรวจสอบปริมาณยาตัว Oxytetracycline ตกค้างในกึ่ง เมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง พบว่ามีค่าความไม่แน่นอนในตัวอย่างกึ่งช่วงอายุโตเต็มวัยสูงถึงร้อยละ 50.66 ของค่าเฉลี่ยระดับยาที่วัดได้คือ 0.0088 ppm ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาณยาที่วัดได้ โดยผลการตรวจปริมาณยา Oxytetracycline ในตัวอย่างมีค่าน้อยมากจนแทบจะไม่พบปริมาณการตกค้างของยาในตัวอย่างเลย จึงส่งผลให้ค่าความไม่แน่นอนของตัวอย่างที่ระยะหยุดยาดังกล่าวมีค่าสูง และทำให้ค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัดสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด ($U_{\text{Measurement}}$) ร่วมกับค่าเฉลี่ยของปริมาณยา Oxytetracycline ที่ตกค้างในตัวอย่างกึ่งหลังหยุดยา 4 วันมีค่าเหลือเพียง 0.0088 ppm โดยสามารถประมาณช่วงความเป็นไปได้คือ $0.0088 \text{ ppm} \pm (50.66\% \times 0.0088 \text{ ppm})$ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง [0.0043, 0.0133] พบว่าปริมาณยาค้างสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 0.0133 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ควบคุมคือไม่เกิน 0.10 ppm ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่าง จึงสามารถใช้ได้กับสถานการณ์ระดับค่าเฉลี่ยปริมาณยาตัวตกค้างของกึ่งขาวแว่นาไม (ข้อมูลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง แสดงดังภาคผนวกที่ ข3)

รายละเอียดในแบบบันทึกวิธีการเก็บตัวอย่าง ได้จากการศึกษาสถานการณ์การผลิตสินค้ากุ้งขาวแวนนาไมซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับระดับความเสี่ยงจากการใช้ยาสัตว์ในระบบการผลิตจริง โดยศึกษาการผลิต การควบคุมมาตรฐานการผลิตสินค้าตลอดโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มเพาะเลี้ยง จนถึงการควบคุมมาตรฐานผลผลิตกุ้งก่อนการส่งออก เนื่องจากผลผลิตกุ้งส่วนมากถูกผลิตขึ้นเพื่อการส่งออก โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ในการออกแบบบันทึกวิธีการเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่การอธิบายถึงลักษณะของรุ่นสินค้าที่ต้องการเก็บตัวอย่าง และเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของสินค้า โดยการกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างนั้น ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมอุปกรณ์เพื่อเก็บตัวอย่าง วิธีปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม การเตรียมตัวอย่าง การขนส่งและรักษาตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ตัวแปรคุณภาพที่ต้องการควบคุม โดยศึกษาข้อมูลดังกล่าวจากเอกสาร ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตสินค้า รวมถึงเจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่มีความรับผิดชอบในการควบคุมมาตรฐานการผลิตสินค้ากุ้งขาวแวนนาไม ในแบบบันทึกการเก็บตัวอย่างยังประกอบด้วยข้อมูลสำหรับบ่งชี้ถึงการใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง และความเหมาะสมของวิธีปฏิบัติสำหรับการใช้งาน โดยอาศัยข้อมูลจากประมาณค่าความไม่แน่นอน ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design เพื่อการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งในระยะเวลาหยุดยวที่แตกต่างกัน จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ และการวัด สามารถนำมาประเมินความใช้ได้และพิจารณาถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่างได้

จากแบบบันทึกวิธีการเก็บตัวอย่างที่พัฒนาขึ้น จึงสามารถนำไปพิจารณาปรับใช้ให้มีความเหมาะสม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างที่ดีขึ้น และมีความเหมาะสมกับสถานการณ์การผลิตสินค้าสัตว์น้ำ โดยการกำหนดกระบวนการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้าและนำไปสู่ความน่าเชื่อถือของการสรุปคุณภาพรุ่นสินค้า ซึ่งการเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้าง เป็นกระบวนการสำคัญในการควบคุมมาตรฐานสินค้าสัตว์น้ำให้มีคุณภาพ แบบบันทึกดังกล่าวจึงสามารถนำมาปรับใช้ในการสุ่มตรวจสินค้าโดยเฉพาะจุดก่อนการจับ (Pre - Harvest) เพื่อเป็นการทวนสอบยืนยันประสิทธิผลของระบบประกันระดับยาสัตว์ในสินค้า และจุดก่อนการส่งมอบสินค้า ณ ด่านสินค้าขาออก เพื่อเป็นการประเมินประสิทธิผลระบบทวนสอบคุณภาพที่ใช้ในประเทศ (System Verification Programmes) และการตรวจซ้ำก่อนการส่งออก สำหรับแสดงความเชื่อมั่นของสินค้าส่งออกรุ่นดังกล่าว แบบบันทึกข้อมูลดังกล่าว จึงเป็นเครื่องมือสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่างใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ และยังสามารถใช้ตรวจติดตามการปฏิบัติงานการเก็บตัวอย่างครั้งต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาระบบควบคุมมาตรฐานและรับรองกระบวนการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมตลอดโซ่อุปทานของประเทศไทย พบว่าอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยมีการผลิตกุ้งเพื่อการส่งออกในปริมาณมาก โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโซ่อุปทานที่สำคัญ 2 ส่วนคือผู้ประกอบการในโซ่อุปทานตั้งแต่การผลิตระดับฟาร์มจนถึงส่วนของการแปรรูปเพื่อจำหน่าย และส่วนราชการที่มีอำนาจหน้าที่คือ หน่วยงานสังกัดกรมประมงและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งระบบการควบคุมมาตรฐานการผลิตในแต่ละส่วนของโซ่อุปทานที่มีความเชื่อมโยงกันผ่านระบบการขึ้นทะเบียนของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ตั้งแต่การผลิตระดับฟาร์มคือ ผู้นำเข้าพันธุ์กุ้ง ผู้ผลิตเพาะเลี้ยง จนถึงส่วนของการแปรรูป รวมถึงส่วนของการจัดจำหน่ายหรือการกระจายสินค้า โดยระบบดังกล่าวอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงานสังกัดกรมประมง เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับของผลิตภัณฑ์ และยังมีระบบการรับรองมาตรฐานการผลิตสินค้าบนพื้นฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) จึงส่งผลให้ระบบการประกันมาตรฐานยาสัตว์ตกค้างมีความเชื่อมโยงกันตลอดโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นการรับรองผลผลิตกุ้งตามข้อกำหนดในการค้าระหว่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการทวนสอบประสิทธิภาพของระบบการประกันยาสัตว์ตกค้างในกุ้งขาวแวนนาไม จึงต้องมีการสุ่มตรวจตัวอย่างสินค้าโดยเฉพาะจุดก่อนการจับ (Pre-Harvest) เพื่อการทวนสอบเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุ และนำตัวอย่างสินค้าไปตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้างกับทางห้องปฏิบัติการของกรมประมง เพื่อรับรองความปลอดภัยจากยาสัตว์ในสินค้าให้เป็นไปตามข้อกำหนดของปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุด (MRL) ในสินค้า จะเห็นได้ว่าระบบการควบคุมมาตรฐานกระบวนการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยค่อนข้างครบถ้วนสมบูรณ์ และมีความสอดคล้องกับแนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบและใช้ระบบประกันความปลอดภัยอาหารระดับชาติเกี่ยวกับการใช้ยาสัตว์ในปศุสัตว์และสัตว์น้ำเพื่ออาหาร (CAC/GL 71 - 2009) ตามมาตรฐานโคเด็กซ์

กระบวนการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งขาวแวนนาไม ณ จุดก่อนการจับ (Pre - Harvest) เพื่อระบุถึงวิธีการปฏิบัติเพื่อเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำให้มีประสิทธิภาพ และมีการบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Fit of Use) ซึ่งแนวทางการประเมินคุณภาพของกระบวนการเก็บตัวอย่าง คือการทดสอบความใช้ได้ของวิธีการเก็บตัวอย่าง (Sampling Validation) ด้วยการประมาณค่าความไม่

แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง (Sampling Uncertainty) ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replication Design ซึ่งศึกษาปัจจัยความคลาดเคลื่อนของตัวอย่างในตำแหน่งของกิ่งขาววนนาไม่ ใบพอเพาะเลี้ยง โดยเมื่อทำการเก็บตัวอย่างตามแผนการวิจัย เพื่อการประมาณค่าความไม่แน่นอน จากการเก็บตัวอย่างซึ่งคิดเป็นร้อยละค่าเฉลี่ยของปริมาณยา Oxytetracycline ที่วัดได้จากตัวอย่าง สรุปได้ว่า มีค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างสูง เนื่องจากผลการตรวจปริมาณยา Oxytetracycline ในตัวอย่างมีค่าน้อยมาก จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยรวมของปริมาณยามีค่าน้อยมาก เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวร่วมกับระดับค่าเฉลี่ยของยา Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ยระดับยา Oxytetracycline ตกค้างต่ำกว่าเกณฑ์ ควบคุม (Enforcement Limit) มาก ประกอบกับผลการตรวจวิเคราะห์ยาในตัวอย่างกิ่งหลังหยดยา 8 วัน ไม่พบปริมาณยาในตัวอย่างเลย ในขณะที่ข้อกำหนดตามหลักปฏิบัติที่ดีในการเลี้ยงให้หยดยา 21 วันก่อนการจับ ดังนั้นผลวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของระบบควบคุมการผลิต ภายใต้หลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ว่าสามารถประกันความปลอดภัยจากยาสัตว์ตกค้าง ในสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงเพื่ออาหารได้ นั่นคือ การใช้วิธีการเก็บตัวอย่างที่ให้ค่าความไม่แน่นอนสูงนั้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้า และจากผลการทดสอบทางสถิติเพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกิ่ง โดยพิจารณาถึงตำแหน่งของตัวอย่างรอบพอเพาะเลี้ยงพบว่า กิ่งอายุ 3 เดือนมีความสม่ำเสมอในตัวอย่าง สูงกว่ากิ่งอายุ 2 เดือน นั่นคือ ตำแหน่งของตัวอย่างไม่มีผลทำให้ปริมาณยาที่วัดได้ในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การตัดสินใจคุณภาพรุ่นสินค้าเพื่อการยอมรับ ควรมีการพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ประกอบรวม ได้แก่ ระดับสถานการณ์ของสินค้าในปัจจุบัน ผลการทดสอบร่วมกับค่าความไม่แน่นอนรวมของการวัด ซึ่งต้องเป็นค่ารวมจากค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ เพื่อเทียบกับเกณฑ์ค่าควบคุมของสินค้า

การพัฒนาแบบบันทึก เป็นการนำเสนอรูปแบบบันทึกรายละเอียดเพื่อการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำตามหลักประกันคุณภาพ แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการเก็บตัวอย่าง โดยแบบบันทึกดังกล่าวมีความสอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตจริงในปัจจุบันและหลักปฏิบัติ GAP สำหรับใช้ประกอบการปฏิบัติงานเก็บตัวอย่างสินค้าเพื่อการตรวจสอบปริมาณยาสัตว์ตกค้าง ณ จุดก่อนการจับจำหน่าย (Pre - Harvest) โดยในกรณีที่เกษตรกรต้องการจำหน่ายกิ่งในช่วงอายุโตเต็มวัย สามารถเก็บตัวอย่างกิ่งตามรายละเอียดที่นำเสนอไว้ในแบบบันทึก แต่ในกรณีที่เกษตรกรต้องการจำหน่ายกิ่งที่มีอายุน้อยกว่านี้ เกษตรกรสามารถเก็บตัวอย่างโดยเพิ่มจุดในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่น ประโยชน์ของแบบบันทึกดังกล่าวคือ มีการเรียบเรียงข้อมูลการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยข้อมูลตัวแปรคุณภาพของสินค้าที่ต้องการวัด

ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าที่ต้องรายงานสภาพตัวอย่าง (Sampling Field Report) เพื่อแสดงข้อมูลลักษณะของสินค้าได้แก่ ระบบการจัดการคุณภาพ กระบวนการผลิต และตัวบ่งชี้ลักษณะรุ่นสินค้า วิธีการเก็บตัวอย่างสินค้า (Sampling Procedure) การระบุถึงขั้นตอนการขนส่ง จัดเก็บรักษาตัวอย่าง และการขนส่งตัวอย่างสู่ห้องปฏิบัติการทดสอบ รวมถึงข้อมูลแสดงความเข้าใจของวิธีการเก็บตัวอย่างด้วยค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปสรุปในเอกสารรายงานการชักตัวอย่าง และสามารถใช้เป็นคู่มือสำหรับการปฏิบัติงาน ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกจึงสามารถพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างที่ใช้ในปัจจุบัน ให้นำไปสู่การกำหนดและควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ของวิธีการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพ และใช้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเก็บตัวอย่างต่อไป ซึ่งเครื่องมือที่บ่งชี้ถึงความเหมาะสมของวิธีการเก็บตัวอย่าง และสามารถสร้างวิธีการเก็บตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ คือ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือของวิธีการเก็บตัวอย่าง และสร้างความมั่นใจว่าวิธีการเก็บตัวอย่างนี้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า และนำไปสู่ความน่าเชื่อถือของการตัดสินคุณภาพสินค้าจากการรายงานผลการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ (Acceptance Sampling) และข้อมูลจากแบบบันทึกเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การเก็บตัวอย่างกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ตัวแทนที่ดีของรุ่นสินค้า เป็นกิจกรรมการทวนสอบประสิทธิผลของระบบประกันยาสัตว์ตกค้าง โดยให้ความสำคัญกับการตรวจตัวอย่างสินค้า ณ จุดก่อนการจับ (Pre - Harvest) เพื่อตรวจหาค่าเฉลี่ยระดับยาสัตว์ตกค้างควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนดระดับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) การสร้างหลักการปฏิบัติให้เป็นไปตามหลักประกันคุณภาพของสินค้าต้องอาศัยการเชื่อมโยงกันระหว่างผู้ประกอบการ และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ระบบการควบคุมมาตรฐานในโซ่อุปทานของประเทศไทยมีความสมบูรณ์ แบบบันทึกกระบวนการเก็บตัวอย่างที่นำเสนอมีความเหมาะสม (Fit of Use) ต่อการใช้งานเพื่อการเก็บตัวอย่างสินค้ากุ้งขาวแวนนาไม ณ จุดก่อนการจับ (Pre - Harvest) ซึ่งเกษตรกรต้องคำนึงถึงอายุกุ้งและระยะหยุดยาในการจับกุ้งจำหน่าย ทั้งนี้ในกรณีที่จำหน่ายกุ้งในช่วงอายุโตเต็มวัย นั่นคือ ช่วงอายุ 3 เดือนขึ้นไป สามารถเก็บตัวอย่างกุ้งตามรายละเอียดที่นำเสนอไว้ แต่ในกรณีที่เกษตรกรต้องการจำหน่ายกุ้งที่มีอายุน้อยกว่านี้หรือจำหน่ายก่อนระยะหยุดยาที่กำหนด เกษตรกรสามารถเก็บตัวอย่างโดยเพิ่มจุดในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของรุ่น และเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้ระบบการผลิตด้านความปลอดภัยจากยาสัตว์ตกค้างในผลผลิต เกษตรกรควรปฏิบัติตามหลักปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) อย่างเคร่งครัด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2550. คำแนะนำการปฏิบัติที่ดีสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแบบพัฒนา. แหล่งที่มา:

<http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/web2/images/download/vannamei.pdf>, 20

พฤษภาคม 2555.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2548. ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการ

การทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ISO/IEC 17025: 2005. แหล่งที่มา:

http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_cosmetic/news/4/iso_cos.htm, 20 มิถุนายน 2555.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2553. การวิเคราะห์ระบบการวัด MSA ประมวลผลด้วย Minitab 15.

พิมพ์ครั้งที่ 7. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

เกศยา ศรีอำไพ, สุนีย์ คณาพิพัฒน์ และ สุพจน์ จุลหนองใหญ่. 2550. การควบคุมคุณภาพผลการ

ทดสอบโปรตีนในอาหารไก่. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ 2 (1): 381 - 395.

จริยา ภูเจริญ, รัตติยา พรหมชา และ ศิริเนตร ขุนทอง. 2550. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของ

วิธีการทดสอบออกโซโลนิก แอซิด. ผลงานวิจัย. ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, สมุทรสาคร.

งานตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบสัตว์น้ำจากแหล่งเพาะเลี้ยง กรมประมง. 2553. ตรวจสอบสาร

ตกค้าง แหล่งที่มา:

http://www.fisheries.go.th/cfsamutsa/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=63, 19 พฤษภาคม 2555.

ถนอมจิตร สิริภคพร. 2554. ปี 2555 กุ้งไทยยังสดใสหรือไม่ แหล่งที่มา:

<http://www.ryt9.com/s/bot/1345603>, 20 พฤษภาคม 2555

นิรนาม. 2555. การใช้ยาและสารเคมีในฟาร์มกุ้ง. แหล่งที่มา:

http://www.baanjommyut.com/library_2/extension-

[1/the_use_of_drugs_and_chemicals_in_shrimp_farms/index.html](http://www.baanjommyut.com/library_2/extension-1/the_use_of_drugs_and_chemicals_in_shrimp_farms/index.html), 20 พฤษภาคม 2555.

ประชุม สุวดี. 2554. **ทฤษฎีการชักตัวอย่าง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

ฝ่ายบริการข้อมูลและสารสนเทศ สถาบันอาหาร. 2546. ปริมาณยาสัตว์ตกค้างสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ในสินค้าปศุสัตว์และประมง. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัททุนพิบลิชซิง จำกัด, กรุงเทพฯ.

พิเชษฐ์ กุมภาว์, สมชาย วงศ์สมุทร และ มนูญญา ปัทมะสุนทร. 2553. การศึกษาการควบคุมกำกับและตรวจสอบห้องปฏิบัติการภาคเอกชนเพื่อรองรับการถ่ายโอนภารกิจด้านการวิเคราะห์สินค้าปศุสัตว์. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ 3 (1): 76-95.

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

2552. คู่มือหลักการพัฒนางานวิธีการชักตัวอย่าง ม.ค. 52 – ช.ค. 52. 82 หน้า.

รวีวรรณ อาจสำอาง. 2553. ความแตกต่างของการหาความไม่แน่นอนของการทดสอบทางเคมีและจุลชีววิทยา. แหล่งที่มา: http://labthai.dss.go.th/ewt_dl_link.php?nid=412, 21 กันยายน 2555.

เรวัตร เปรมปิยะวัฒน์ และ สุริยะ แพงดี. 2543. การตรวจหาออกโซลินิค แอซิดตกค้างในเนื้อกุ้งกุลาดำจากบ่อเลี้ยงในจังหวัดตราดโดยวิธี HPLC. แหล่งที่มา:

http://www.fisheries.go.th/cs-trat/Datas/research_trat/10.Oxolinic.2548_28-34.pdf, 20 กันยายน 2555.

วรรณวิภา สุวรรณรักษ์, สุภาพรณ บริลเลียนเดส และรัตติยา พรหมขำ. 2543. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ Oxytetracycline ในส่วนต่างๆ ของกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*). วารสารกรมประมง 53 (5): 471 - 477.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสงคราม. 2555. มาตรฐานการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม.

แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/cf-samutsong/index.php?limitstart=5>, 14 มีนาคม 2555.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ปริมาณผลผลิตกุ้ง. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th>, 14 มีนาคม 2555.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 2551. ยา - สารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. แหล่งที่มา: <http://www.klickaquatech.com/index.php>, 12 กันยายน 2555.

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2555. สถานการณ์ส่งออกสินค้าประมงและแนวโน้มปี 2555.

แหล่งที่มา: http://www.thai-frozen.or.th/th/hotnews_trends.asp, 13 กันยายน 2555.

สุพจน์ จุลหนองใหญ่, เกศยา ศรีอำไพ และ สุนิย์ คณาพิพัฒน์. 2551. การทดสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบหาปริมาณโปรตีนในอาหารไก่. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สำนักตรวจสอบคุณภาพสินค้าสัตว์ 2 (1): 381 - 395.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. 2555. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์กุ้ง. แหล่งที่มา:

http://coastalqua.com/thaiqualityshrimp/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=41, 20 กันยายน 2555.

อัจฉรา พุ่มฉัตร. 2543. การประกันคุณภาพผลวิเคราะห์: การชักตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง.

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 48 (154): 32 - 35.

อรอุษา บุญประสม. 2553. การประเมินวิธีการชักตัวอย่างสินค้าเกษตรและอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ambrus, Á. 2009. Estimation of sampling uncertainty for determination of pesticide residues in plant commodities. **Journal of Environmental Science and Health Part B**. 44 (7): 627 - 639.

Codex Committee on Residues of Veterinary Drugs in Foods. 2009. Guidelines for The Design and Implementation of National Regulatory Food Safety Assurance Programme Associated with The Use of Veterinary Drugs in Food Production Animals. Available Source: www.codexalimentarius.org/input/.../CXG_071e.pdf, August 20, 2012.

Codex Commodity Committees. 2004. General Guidelines on Sampling. Available Source: <http://www.eurachem.org/guides/QUAM2000-1.pdf>, August 20, 2012.

Corry, J.E.L., B. Jarvis and A.J. Hedges. 2010. Minimising the between-sample variance in colony counts on foods. **Food Microbiology**. 27: 598 - 603.

EURACHEM/CITAC Guide. 2007. **Measurement uncertainty arising from sampling: A guide to methods and approaches**. First edition. Available Source: http://www.eurachem.org/guides/UfS_2007.pdf, August 16, 2012.

Jarvis, B., A. J. Hedges and J.E. Corry. 2012. The contribution of sampling uncertainty to total measurement uncertainty in the enumeration of microorganisms in foods. **Food Microbiology**. 30: 362 - 371.

Lyn, J.A., M.H. Ramsey, D.S. Coad, A.P. Damant, R. Wood and K.A. Boon. 2007. The duplicate method of uncertainty estimation: are eight targets enough?. **The Analyst**. 11: 1147 - 1152.

NT TECHNICAL REPORT 604. 2007. **Uncertainty from sampling - A NORDTEST handbook for sampling planners on sampling quality assurance and uncertainty estimation**. Available Source: <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/tr604.pdf>, August 16, 2012.

Ramsey, M.H., 1998. Sampling as a source of measurement uncertainty: techniques for quantification and comparison with analytical sources. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**. 13: 97 - 104.

Ramsey and Thompson M. 2007. Uncertainty from sampling, in the context of fitness for purpose. **Accred Aual Assur.** 12: 503 - 513.

Whitaker, T.B., A. B. Slate, J.J. Saltsman and G.M. Ware. 2007. Evaluating the performance of sampling plans to detect hypoglycin A in Ackee fruit shipments imported into the Unites States. **Journal of AOAC International.** 90(4): 1060 - 1072.

Whitaker, T.B., A. B. Slate, M. Jacobs, J. M. Hurley, J.G. Adums and F.G. Giesbrecht. 2006. Sampling Almonds for Aflatoxin, Part I: Estimation of Uncertainty Associated with Sampling, Sample Preparation, and Analysis. **Journal of AOAC International.** 89(4): 1027 - 1034.



ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน
และการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ก1 ผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะ
หยุดยา 1, 11 และ 15 วัน ตามแผนการทดลองแบบ Two - Split Level Replicate
Design

ระยะหยุด ยา (วัน)	ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
		x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ - x ₁₁₂	$\bar{x}_{11}$	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ - x ₁₂₂	$\bar{x}_{12}$	D _i = $\bar{x}_{11}$ - $\bar{x}_{12}$
1	1	0.57	0.57	0.00	0.57	0.63	0.63	0.00	0.63	0.06
	2	0.71	0.71	0.00	0.71	0.70	0.70	0.00	0.70	0.01
	3	0.75	0.75	0.00	0.75	0.90	0.90	0.00	0.90	0.15
	4	0.72	0.72	0.00	0.72	0.80	0.80	0.00	0.80	0.08
	5	0.63	0.63	0.00	0.63	0.68	0.68	0.00	0.68	0.05
	6	0.72	0.72	0.00	0.72	0.72	0.72	0.00	0.72	0.00
	7	0.82	0.82	0.00	0.82	0.83	0.83	0.00	0.83	0.01
	8	0.59	0.59	0.00	0.59	0.64	0.64	0.00	0.64	0.05
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.69			0.00	0.74	0.05
11	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.00			0.00	0.00	0.00

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ระยะ		Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
หยุดยา (วัน)	ตำแหน่ง	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	$\bar{x}_{i1}$	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	$\bar{x}_{i2}$	D _i = $\bar{x}_{i1}$ - $\bar{x}_{i2}$
15	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	

ตารางผนวกที่ ก2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์
Oxytetracycline ในกึ่งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	$\bar{x}_{i1}$	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	$\bar{x}_{i2}$	D _i = $\bar{x}_{i1}$ - $\bar{x}_{i2}$
1	0.57	0.57	0.00	0.57	0.63	0.63	0.00	0.63	0.06
2	0.71	0.71	0.00	0.71	0.70	0.70	0.00	0.70	0.01
3	0.75	0.75	0.00	0.75	0.90	0.90	0.00	0.90	0.15
4	0.72	0.72	0.00	0.72	0.80	0.80	0.00	0.80	0.08
5	0.63	0.63	0.00	0.63	0.68	0.68	0.00	0.68	0.05
6	0.72	0.72	0.00	0.72	0.72	0.72	0.00	0.72	0.00
7	0.82	0.82	0.00	0.82	0.83	0.83	0.00	0.83	0.01
8	0.59	0.59	0.00	0.59	0.64	0.64	0.00	0.64	0.05
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.00	0.69			0.00	0.74	0.05
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$)	$= \frac{\bar{x}_{i1} + \bar{x}_{i2}}{2} = 0.713$				Converting Factor for Standard Deviation (n=2)				
					= 1.128				
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{\text{Analysis}}$)	$\frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} = 0.000$				ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง				
					$(\bar{D}_{\text{Measurement}}) = \frac{\sum D_i}{n} = 0.051$				

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

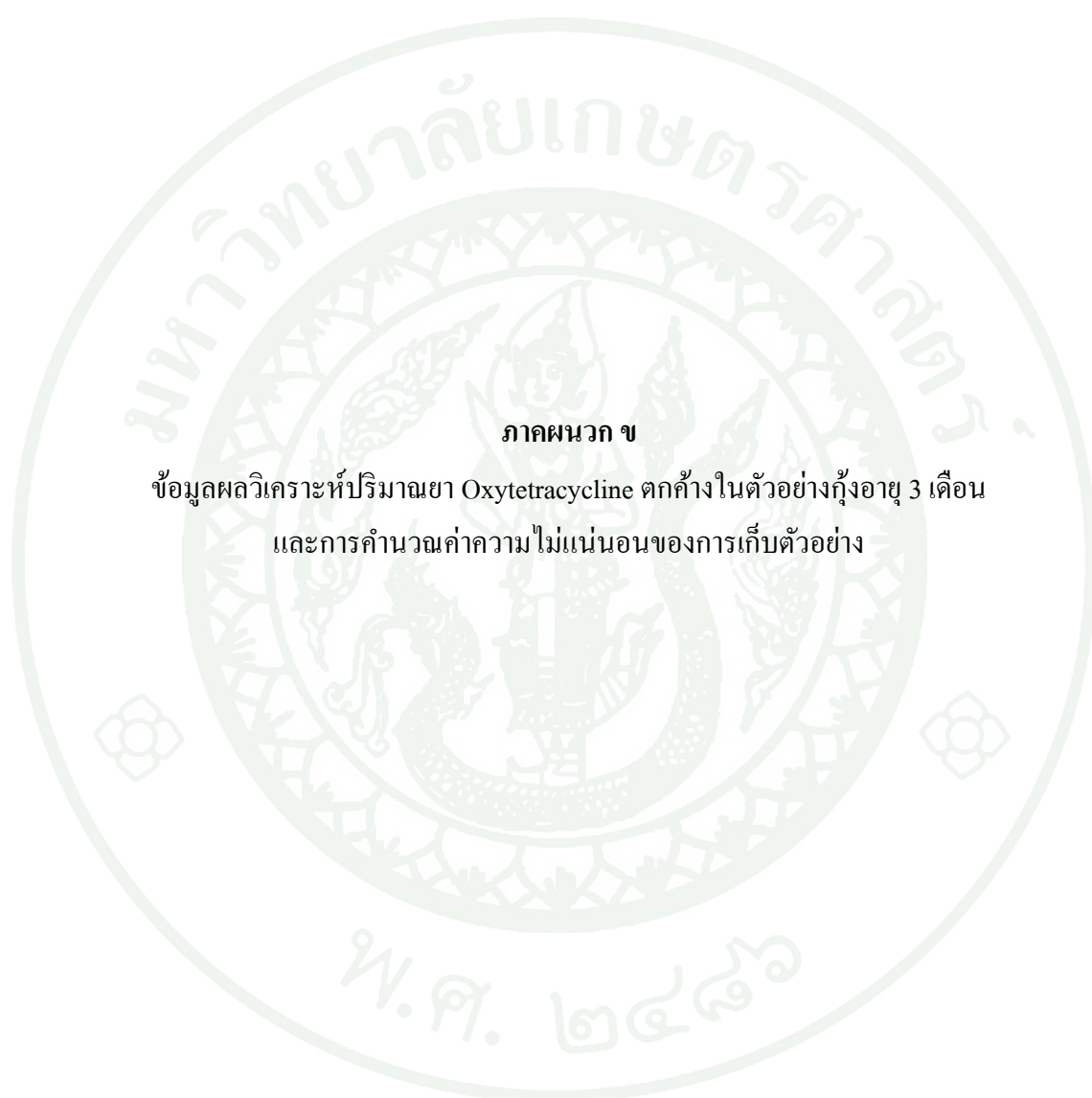
การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.045
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.045
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 6.37
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 6.37
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 12.74	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 12.74	

ตารางผนวกที่ ก3 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์
Oxytetracycline ในกึ่งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 11 และ 15 วัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 11 และ 15 วัน									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ =	$\bar{x}_{11}$	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ =	$\bar{x}_{12}$	D _i =
			x ₁₁₁ - x ₁₁₂				x ₁₂₁ - x ₁₂₂		$\bar{x}_{11}$ - $\bar{x}_{12}$
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$)		$= \frac{\bar{x}_{11} + \bar{x}_{12}}{2} = 0.000$		Converting Factor for Standard Deviation (n=2)			= 1.128		
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{\text{Analysis}}$)		$\frac{\bar{D}_{11} + \bar{D}_{12}}{2} = 0.000$		ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง			= 0.000		
				$(\bar{D}_{\text{Measurement}}) = \frac{\sum D_i}{n}$					

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 2 เดือน ที่ระยะหยุดยา 11 และ 15 วัน		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 0.00	



ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน
และการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ข1 ผลวิเคราะห์ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะ
หยุดยา 1, 4, 8 และ 11 วัน ตามแผนการทดลองแบบ Two – Split Level
Replicate Design

ระยะ หยุดยา (วัน)	ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
		x ₁₁₁	x ₁₁₂	D ₁₁ = x ₁₁₁ - x ₁₁₂	$\bar{x}_{11}$	x ₁₂₁	x ₁₂₂	D ₁₂ = x ₁₂₁ - x ₁₂₂	$\bar{x}_{12}$	D ₁ = $\bar{x}_{11}$ - $\bar{x}_{12}$
1	1	0.72	0.72	0.00	0.72	0.79	0.79	0.00	0.79	0.07
	2	0.60	0.60	0.00	0.60	0.75	0.75	0.00	0.75	0.15
	3	0.76	0.76	0.00	0.76	0.80	0.80	0.00	0.80	0.04
	4	0.70	0.70	0.00	0.70	0.70	0.70	0.00	0.70	0.00
	5	0.67	0.67	0.00	0.67	0.74	0.74	0.00	0.74	0.07
	6	0.76	0.76	0.00	0.76	0.80	0.80	0.00	0.80	0.04
	7	0.88	0.88	0.00	0.88	0.82	0.82	0.00	0.82	0.06
	8	0.80	0.80	0.00	0.80	0.99	0.99	0.00	0.99	0.19
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.74			0.00	0.80	0.08
4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
	4	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
	6	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.01			0.00	0.01	0.00

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ระยะ		Sample 1 (S ₁)					Sample 2 (S ₂)			
หยุดยา	ตำแหน่ง	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} =	$\bar{x}_{i1}$	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} =	$\bar{x}_{i2}$	D _i =
(วัน)				x _{i11} - x _{i12}				x _{i21} - x _{i22}		$ \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $
8	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
11	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง				0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	

ตารางผนวกที่ ข2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์
Oxytetracycline ในกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	$\bar{x}_{i1}$	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	$\bar{x}_{i2}$	D _i = $\bar{x}_{i1}$ - $\bar{x}_{i2}$
1	0.72	0.72	0.00	0.72	0.79	0.79	0.00	0.79	0.07
2	0.60	0.60	0.00	0.60	0.75	0.75	0.00	0.75	0.15
3	0.76	0.76	0.00	0.76	0.80	0.80	0.00	0.80	0.04
4	0.70	0.70	0.00	0.70	0.70	0.70	0.00	0.70	0.00
5	0.67	0.67	0.00	0.67	0.74	0.74	0.00	0.74	0.07
6	0.76	0.76	0.00	0.76	0.80	0.80	0.00	0.80	0.04
7	0.88	0.88	0.00	0.88	0.82	0.82	0.00	0.82	0.06
8	0.80	0.80	0.00	0.80	0.99	0.99	0.00	0.99	0.19
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.00	0.74			0.00	0.80	0.08
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$)	$= \frac{\bar{x}_{i1} + \bar{x}_{i2}}{2} = 0.768$				Converting Factor for Standard Deviation (n=2) = 1.128				
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{Analysis}$)	$\frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} = 0.000$				ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง ($\bar{D}_{Measurement}$) = $\frac{\sum D_i}{n} = 0.078$				

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 1 วัน		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.069
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 + \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.069
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 8.95
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 8.95
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 17.90	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 17.90	

ตารางผนวกที่ ข3 การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์
Oxytetracycline ในกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 4 วัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 4 วัน									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				D _i = x̄ _{i1} - x̄ _{i2}
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	x̄ _{i1}	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	x̄ _{i2}	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
4	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
6	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.00	0.01			0.00	0.01	0.00
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม (x̄)				$\frac{\bar{x}_{i1} + \bar{x}_{i2}}{2} = 0.009$	Converting Factor for Standard Deviation (n=2)				= 1.128
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ (D̄ _{Analysis})				$\frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} = 0.000$	ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง (D̄ _{Measurement}) = $\frac{\sum D_i}{n}$				= 0.003

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 4 วัน		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.002
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 + \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.002
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 25.33
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 25.33
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 50.66	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 50.66	

ตารางผนวกที่ ๔ การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่าง จากการวิเคราะห์
Oxytetracycline ในกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 8 และ 11 วัน

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกึ่งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 8 และ 11 วัน									
ตำแหน่ง	Sample 1 (S ₁)				Sample 2 (S ₂)				
	x _{i11}	x _{i12}	D _{i1} = x _{i11} - x _{i12}	$\bar{x}_{i1}$	x _{i21}	x _{i22}	D _{i2} = x _{i21} - x _{i22}	$\bar{x}_{i2}$	D _i = $\bar{x}_{i1}$ - $\bar{x}_{i2}$
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเฉลี่ย 8 ตำแหน่ง			0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
ค่าพิสัยเฉลี่ย (Mean Range)									
ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x}$)	$= \frac{\bar{x}_{i1} + \bar{x}_{i2}}{2} = 0.000$				Converting Factor for Standard Deviation (n=2)				
					= 1.128				
ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ ($\bar{D}_{\text{Analysis}}$)	$\frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2} = 0.000$				ค่าพิสัยเฉลี่ยจาก S ₁ และ S ₂ เฉลี่ยจาก 8 ตำแหน่ง				
					= 0.000				
					$(\bar{D}_{\text{Measurement}}) = \frac{\sum D_i}{n}$				

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการเก็บตัวอย่างกุ้งอายุ 3 เดือน ที่ระยะหยุดยา 8 และ 11 วัน		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ (S_{Analysis})	$= \frac{\bar{D}_{\text{Analysis}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด ($S_{\text{Measurement}}$)	$= \frac{\bar{D}_{\text{Measurement}}}{1.128}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บตัวอย่าง (S_{Sampling})	$= \sqrt{(S_{\text{Measurement}})^2 - \left(\frac{S_{\text{Analysis}}}{\sqrt{2}}\right)^2}$	= 0.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation: %RSD)		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวิเคราะห์ (%RSD _{Analysis})	$= \frac{S_{\text{Analysis}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่าง (%RSD _{Sampling})	$= \frac{S_{\text{Sampling}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการวัด (%RSD _{Measurement})	$= \frac{S_{\text{Measurement}}}{\bar{x}} \times 100\%$	= 0.00
ค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty: %U) เท่ากับ 2 เท่าของค่า RSD		
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวิเคราะห์ (%U _{Analysis})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการเก็บตัวอย่าง (%U _{Sampling})	= 0.00	
ค่าความไม่แน่นอนขยายของการวัด (%U _{Measurement})	= 0.00	



ภาคผนวก ค

การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองผลวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของ
ปริมาณยา Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง พิจารณาจากตำแหน่งตัวอย่าง 8 ตำแหน่ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อการทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณ Oxytetracycline ตกค้างในตัวอย่างกุ้ง โดยทำการทดสอบเฉพาะระยะหยุดยาที่มีค่าปริมาณ Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่างมากกว่าศูนย์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance หรือ ANOVA) โดยพิจารณาปัจจัยดังนี้

ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (In Space) รอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่ง ($i = 1, 2, \dots, 8$)

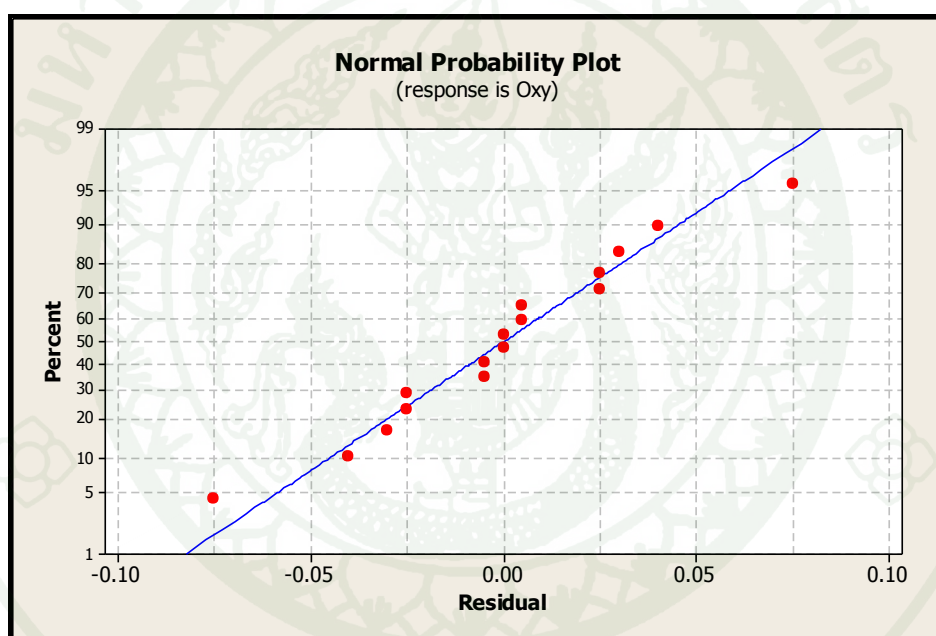
การทดสอบความแตกต่างของปริมาณ Oxytetracycline ที่วัดได้จากตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (Validation in space) รอบบ่อเพาะเลี้ยง 8 ตำแหน่ง มีการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เนื่องจากต้องการศึกษาปัจจัยที่สนใจ 1 ปัจจัยคือ ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างรอบบ่อเพาะเลี้ยง จำนวน 8 ระดับ ซึ่งทำการทดสอบเฉพาะระยะหยุดยาที่มีค่าปริมาณ Oxytetracycline ที่วัดได้ในตัวอย่างมากกว่าศูนย์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ระยะหยุดยา คือ กุ้งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน กุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน และกุ้งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 4 วัน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) สามารถวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab 15.0 รวมทั้งต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยการทดสอบสมมติฐานต่าง ๆ คือ The Normality Assumption, The Outliers, The Independent Assumption และ The Constant Variance Assumption เพื่อให้การอนุมานผลทางสถิติมีความน่าเชื่อถือ แล้วจึงทดสอบความแตกต่างของปัจจัยที่ต้องการศึกษา โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดสอบความแตกต่างตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) 0.05 ซึ่งสามารถแบ่งการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองในแต่ละแผนการทดลองได้ดังนี้

1. การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองของแผนการทดลองสำหรับกึ่งอายุ 2 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน

การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab 15.0 สามารถแบ่งการตรวจสอบสมมติฐานต่าง ๆ ได้ดังนี้

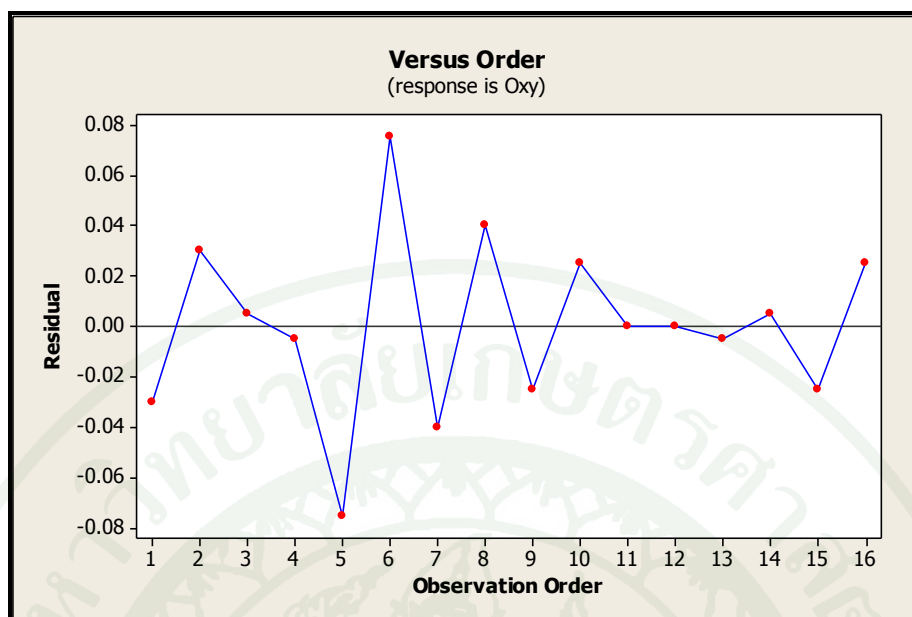
1.1 The Normality Assumption ตรวจสอบโดยการสร้าง Normal Probability Plot ของค่า Residuals พบว่า ได้กราฟค่อนข้างเป็นเส้นตรง แสดงดังภาพผนวกที่ ค1 แสดงว่า Normality Assumption เป็นจริง



ภาพผนวกที่ ค1 กราฟ Normal Probability Plot ของค่า Residuals

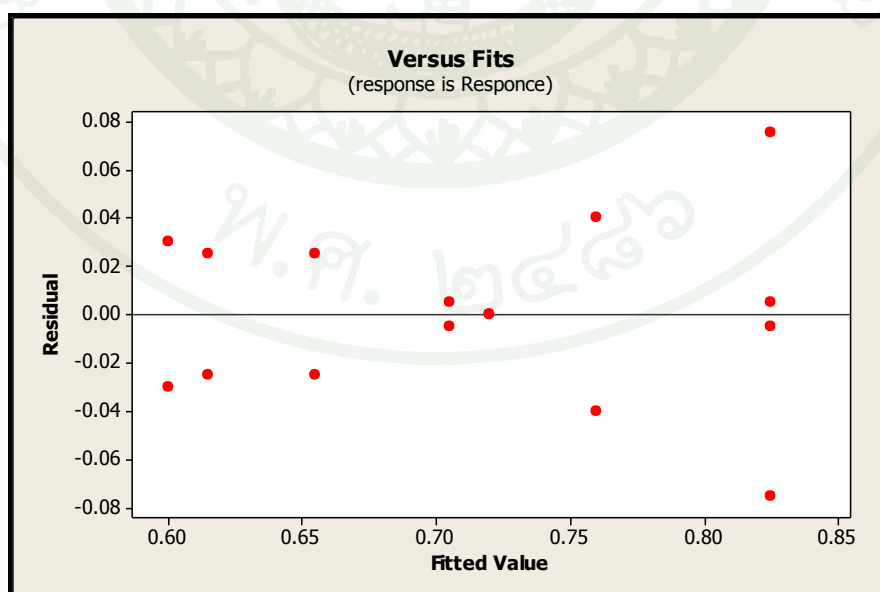
1.2 The Outliers จากการคำนวณหาค่า Standard Residuals พบว่า มีค่าน้อยกว่า 3 แสดงว่า ข้อมูลดังกล่าวไม่มี Outliers

1.3 The Independent Assumption โดยการสร้างกราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับของเวลาที่เก็บตัวอย่าง ดังภาพผนวกที่ ค2 พบว่าไม่พบการกระจายออกที่ปลายใดปลายหนึ่ง แสดงว่า สมมติฐานดังกล่าวเป็นจริง



ภาพผนวกที่ ค2 กราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับเวลาที่เก็บตัวอย่าง

1.4 The Constant Variance Assumption โดยการสร้างกราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values ดังภาพผนวกที่ ค3 พบว่าไม่พบการกระจายออกที่ปลายใดปลายหนึ่ง แสดงว่า The Constant Variance Assumption เป็นจริง

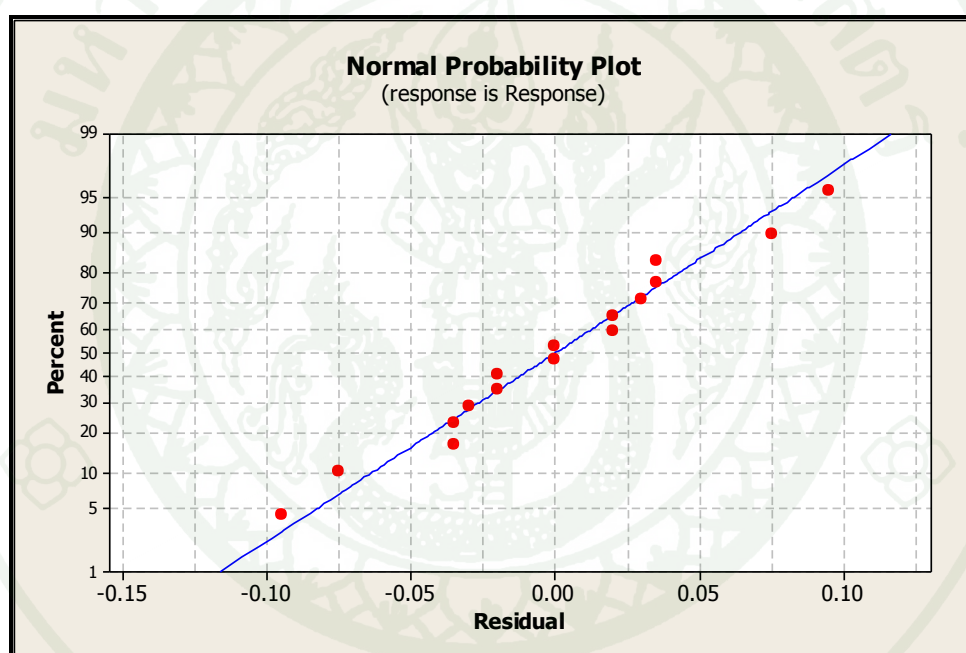


ภาพผนวกที่ ค3 กราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values

2. การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองของแผนการทดลองสำหรับกึ่งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 1 วัน

การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab 15.0 สามารถแบ่งการตรวจสอบสมมติฐานต่าง ๆ ได้ดังนี้

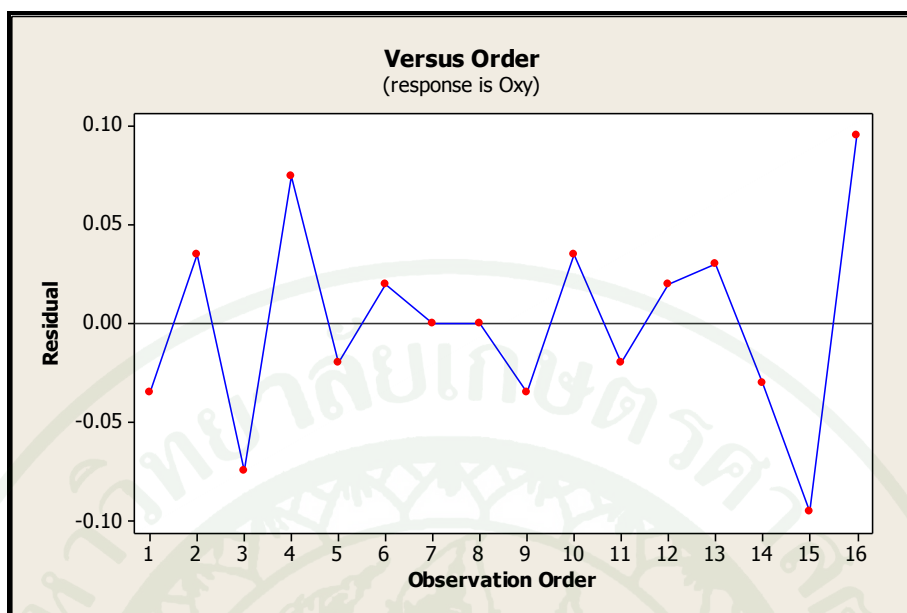
2.1 The Normality Assumption ตรวจสอบโดยการสร้าง Normal Probability Plot ของค่า Residuals พบว่าได้กราฟค่อนข้างเป็นเส้นตรง แสดงดังภาพผนวกที่ ค4 แสดงว่า Normality Assumption เป็นจริง



ภาพผนวกที่ ค4 กราฟ Normal Probability Plot ของค่า Residuals

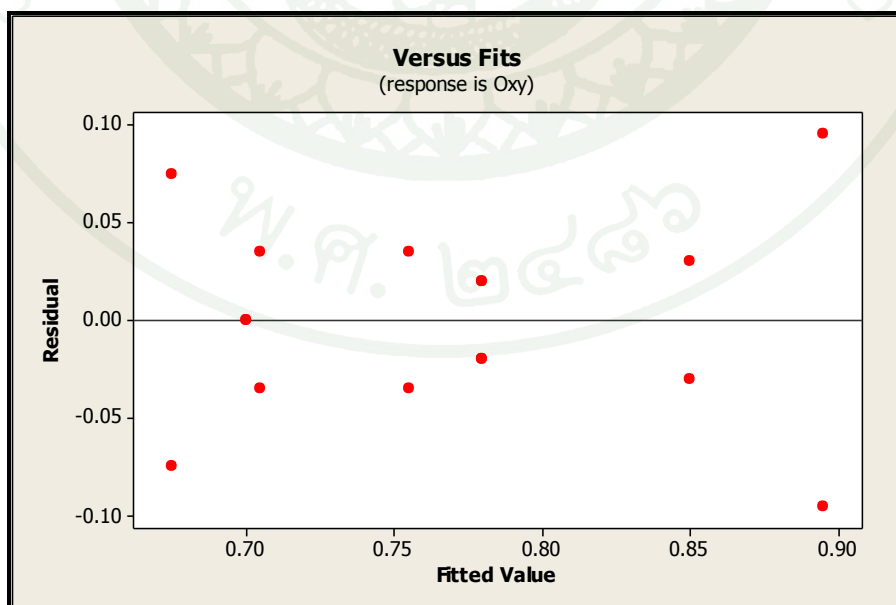
2.2 The Outliers จากการคำนวณหาค่า Standard Residuals มีค่าน้อยกว่า พบว่า มีค่าน้อยกว่า 3 แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวไม่มี Outliers

2.3 The Independent Assumption โดยการสร้างกราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับของเวลาที่เก็บตัวอย่าง ดังภาพผนวกที่ ค5 พบว่าไม่พบการกระจายออกที่ปลายใดปลายหนึ่ง แสดงว่าสมมติฐานดังกล่าวเป็นจริง



ภาพผนวกที่ ค5 กราฟระหว่างค่า Residuals และลำดับเวลาที่เก็บตัวอย่าง

2.4 The Constant Variance Assumption โดยการสร้างกราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values ดังภาพผนวกที่ ค6 พบว่าไม่พบการกระจายออกที่ปลายใดปลายหนึ่ง แสดงว่า The Constant Variance Assumption เป็นจริง



ภาพผนวกที่ ค6 กราฟระหว่างค่า Residuals และ Fitted Values

3. การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองของแผนการทดลองสำหรับกึ่งอายุ 3 เดือนที่ระยะหยุดยา 4 วัน

จากการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลองคือ The Normality Assumption โดยใช้โปรแกรม Minitab 15.0 พบว่า สมมติฐาน The Normality Assumption ไม่เป็นจริง จึงต้องใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไม่ใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดย The Kruskal – Wallis Test แสดงผลการวิเคราะห์ดังภาพภาคผนวกที่ ค7

Kruskal-Wallis Test: Oxy versus Treatment				
Kruskal-Wallis Test on Oxy				
Treatment	N	Median	Ave Rank	Z
1	2	0.000000000	5.0	-1.11
2	2	0.000000000	5.0	-1.11
3	2	0.020000000	13.0	1.43
4	2	0.020000000	13.0	1.43
5	2	0.010000000	9.0	0.16
6	2	0.020000000	13.0	1.43
7	2	0.000000000	5.0	-1.11
8	2	0.000000000	5.0	-1.11
Overall	16		8.5	
H = 9.71 DF = 7 P = 0.206				
H = 13.10 DF = 7 P = 0.070 (adjusted for ties)				
* NOTE * One or more small samples				

ภาพผนวกที่ ค7 ผลการวิเคราะห์ The Kruskal – Wallis Test

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพัชราพรรณ คชรรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 18 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
การเสนอผลงานทางวิชาการ	พัชราพรรณ คชรรัตน์ และ ชุตินา ไวศรายุทธ. 2556. การศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้ากึ่งเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยนักวิจัยจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ในการจัดทำโครงการวิจัยการกำหนดขนาดตัวอย่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อการตรวจสอบสารตกค้างจากยาสัตว์ ปี 2554