ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (รังสีประยุกต์และไอโซโทป)

ปริญญา

รังสีประยุกต์และไอโซโทป | รังสีประยุกต์และไอโซโทป

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การตรวจวัดซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมของประเทศไทยโดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี

Measurement of Cesium -137 in Cow Milk Processing of Thailand Using Gamma Spectrometry

นามผู้วิจัย นางเฉลิมขวัญ ปิติโสภณางกูร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์พรรณี พักคง, M.S.)

กรรมการ .....

(อาจารย์กนกรัชต์ ตียพันธ์, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงศธร, D.Tech. Sc.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันวิสา สุดประเสริฐ,Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การตรวจวัดซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมของประเทศไทย โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี

Measurement of Cesium-137 in Cow Milk Processing of Thailand Using Gamma Spectrometry

โดย

นางเฉลิมขวัญ ปีติโสภณางกูร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (รังสีประยุกต์และไอโซโทป)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉลิมขวัญ ปิติโสภณางกูร 2554: การตรวจวัดซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมของประเทศไทยโดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (รังสีประยุกต์และไอโซโทป) สาขาวิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์พรรณี พักคง, M.S. 91 หน้า

ทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม -137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ และยูเอชที ด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาชนิดตัวตรวจวัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (HPGe) ผลการตรวจวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร 1 ลิตร พบค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม 4 ชนิด (P1 P2 U3 และ U4) มีค่าเท่ากับ 0.13±0.07 Bq/kg $_{fresh}$. 0.19±0.07 Bq/kg $_{fresh}$.0.12±0.08 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.18 ±0.07 Bq/kg $_{fresh}$ ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำนม 3 ชนิด (P1 P2 และ U3) ปริมาตร 1 ลิตรเท่ากันไปผ่านวิธีการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.16±0.04 Bq/kg $_{fresh}$,0.17±0.04 Bq/kg $_{fresh}$,0.14±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ ตามลำดับ การเลือกเวลาในการวัดได้ใช้ค่า LLD, MDA มาพิจารณาความน่าเชื่อถือ โดยเวลาวัดปริมาณซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและแบบทำแห้งคือ 100,000 วินาที และ 80,000 วินาที ตามลำดับ สำหรับงานวิจัยนี้เมื่อนำค่าวิเคราะห์ทางสถิติ คือค่าวิกฤต (L_C) พบว่า ค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งมีค่าต่ำกว่าปริมาณซีเซียม-137 ทุกตัวอย่าง จึงสามารถนำไปใช้ยืนยันความถูกต้องของค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมได้

_____ _____ ___ / ___ / _____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chalermkwan Pitisobhananggul 2011: Measurement of Cesium-137 in Cow Milk Processing of Thailand Using Gamma Spectrometry. Master of Science (Applied Radiation and Isotopes), Major Field: Applied Radiation and Isotopes, Department of Applied Radiation and Isotopes. Thesis Advisor: Associate Professor Pannee Pakkong, M.S. 91 pages.

The specific activities of Cs-137 of cow milk processing pasteurized and UHT using HPGe gamma spectrometry, The result in cow milk processing one liter, in Four brands of samples were P1 P2 U3 and U4 . The specific activities had been found in four brands of cow milk processing were 0.13±0.07Bq/kg$_{fresh}$,0.19±0.07Bq/kg $_{fresh}$,0.12±0.08Bq/kg $_{fresh}$, and 0.18±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, respectively. In similar volume of samples, will 3 different brands cow milk processing were prepared as dry samples and measured specific activity, The result of specific activities of Cs-137 iin dried milk samples were 0.16±0.04Bq/kg $_{fresh}$,0.17±0.04Bq/kg $_{fresh}$, and 0.14±0.04Bq/kg $_{fresh}$, respectively. counting time for measurement cow milk processing and dry milk from LLD and MDA in cow milk processing and dry milk were selected 100,000 sec and 80,000 sec respectively. Calculation on statistical analysis of critical limit (L_c).The critical limit in cow milk processing for dry samples were Lower than cow milk processing in all samples which can be used to confirm accuracy of specific activities of Cs-137 in cow milk processing

_____ _____ ___ / ___ / _____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการที่ปรึกษารองศาสตราจารย์พรรณี พักคง ที่ได้ช่วยเหลือ แนะนำในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ กนกรัชต์ ตียพันธ์ กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงศธร กรรมการสาขาวิชารอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ เชียงกา ผู้แทนจากบัณฑิตวิทยาลัยที่ช่วยอ่านและแก้ไขข้อบกพร่อง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุชิน อุดมสมพร ผู้อำนวยการกลุ่มเฝ้าตรวจกัมมันตภาพรังสี นักฟิสิกส์รังสี ชพ และคุณวราภรณ์ วานิชสุขสมบัติ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า และสนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาเพิ่มพูนหาความรู้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

ขอขอบพระคุณ หัวหน้าฝ่ายทุนการศึกษา และคุณสมชาย อินจอหอ จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่จัดให้ทุนการศึกษา และทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท และขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการฝ่ายผลิตภัณฑ์นมจากโรงงานโคนมโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาที่ให้ ความอนุเคราะห์ ผลิตภัณฑ์นมในงานวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณปู่ คุณย่า และครอบครัว ตลอดจนเพื่อนร่วมงานที่ช่วยให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ด้วยดีเสมอมา

เฉลิมขวัญ ปิติโสภณางกูร

กุมภาพันธ์ 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (4)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (6)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 3

การตรวจเอกสาร 4

อุปกรณ์และวิธีการ 22

- อุปกรณ์ 22
- วิธีการ 23

ผลและวิจารณ์ 28

- ผล 28
- วิจารณ์ 43

สรุปและข้อเสนอแนะ 44

- สรุป 44
- ข้อเสนอแนะ 45

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 47

ภาคผนวก 51

- ภาคผนวก ก การปรับเทียบมาตรฐานสำหรับวัดรังสีแกมมา 52
- ภาคผนวก ข การปรับเทียบประสิทธิภาพการวัด Cs-137 จากสารรังสีมาตรฐาน MP 545 และ IAEA-152 55
- ภาคผนวก ค ใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน 60
- ภาคผนวก ง เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย 65
- ภาคผนวก จ น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำนมแห้งชนิด P1 P2 และ U3 69
- ภาคผนวก ฉ การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผลิตภัณฑ์นมแห้ง 71
- ภาคผนวก ช บันทึกสเปกตรัม 73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ซ การหาค่านับวัดในผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์นมแห้ง 78
ภาคผนวก ฌ ผลการวัด และการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำนม 81
ภาคผนวก ญ ค่ามาตรฐานที่มีกัมมันตรังสีในน้ำนมโคสดและนมผง 85
ภาคผนวก ฎ ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนม แบบทำแห้ง 88
ประวัติการศึกษา และการทำงาน 91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมจากสัตว์ประเภทต่างๆ (ต่อ 100 กรัม)	7
2	ตลาดผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มในประเทศไทย	9
3	ค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	16
4	ค่า MDA ที่เวลา 5,000-100,000 วินาทีในผลิตภัณฑ์น้ำนม	29
5	ค่า MDA ที่เวลา 5,000-160,000 วินาทีในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	30
6	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด P1 P2 และ U3 U4 เวลา 100,000 วินาที	32
7	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม แบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3 เวลา 80,000 วินาที	34
8	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม เวลา 100,000 วินาที	36
9	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์ น้ำนมแบบทำแห้งเวลา 80,000 วินาที	37
10	แสดงค่าวิกฤตกับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 ใน ผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P,U เวลา 80,000 วินาที และ 100,000 วินาที	40
11	แสดงค่าวิกฤตกับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 ใน ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P เวลา 80,000 วินาที	41

ตารางผนวกที่

ก1	การเทียบพลังงานของหัววัดรังสีแกมมา	53
ก2	การหาประสิทธิภาพของหัววัด ด้วยสารรังสีมาตรฐาน MP 545	54
จ1	น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3	70
ซ1	ค่านับวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด P1 P2 U3 และ U4 (1 ลิตร)	79
ซ2	ค่านับวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3 (1 ลิตร)	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เส้นทางการเคลื่อนย้ายของซีเซียม-137 ในอากาศ	6
2	การกำหนดระดับของการวัดค่า L_C และ L_D	18
3	การหาเวลาที่เหมาะสมจากค่า MDA ในผลิตภัณฑ์น้ำนม	31
4	การหาเวลาที่เหมาะสมจากค่า MDA ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	31
5	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	35
6	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 กับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนม	38
7	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 กับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	39
8	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่างกับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนม	39
9	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่างกับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนม	40

ภาพผนวกที่

ก1	กราฟการเทียบพลังงานด้วยนิวไคลด์ Cs-137 และ Co-60	53
ก2	กราฟปรับเทียบประสิทธิภาพ ด้วยนิวไคลด์กัมมันตรังสีรวม MP 545	54
ข1	สารรังสีมาตรฐานนิวไคล์กัมมันตรังสี MP 545	56
ข2	สารรังสีอ้างอิงมาตรฐาน IAEA- 152	57
ค1	ใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐานนิวไคล์กัมมันตรังสี MP 545	61
ค2	ใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐานสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA-152	63
ง1	การติดตั้งระบบการทำงานเครื่อง Spray Dryer (Buchi-190)	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ช1	สเปกตรัมค่าพื้นหลัง	74
ช2	สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด P1	74
ช3	สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด P2	75
ช4	สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด U3	75
ช5	สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1	76
ช6	สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P2	76
ฎ1	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมสำหรับวัดรังสีแกมมา	89
ฎ2	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมแห้งสำหรับวัดรังสีแกมมา	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Becquered, Bq เบ็กเคอเรล

หน่วยเอสไอที่ใช้วัดกัมมันตภาพ ปัจจุบันใช้แทนหน่วยคูรี 1 เบ็กเคอเรล หมายถึง การสลายตัวของนิวไคลด์กัมมันตรังสี 1 ครั้งต่อวินาที

biological half-life ครึ่งชีวิตทางชีวภาพ

ระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีในเนื้อเยื่อ อวัยวะหรือร่างกายลดลงครึ่งหนึ่ง อันเนื่องมาจากกระบวนการทางชีวภาพ

curie,Ci คูรี

หน่วยเดิมที่ใช้วัดกัมมันตภาพ

1 คูรี หมายถึง การสลายของนิวไคลด์กัมมันตรังสี 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที ซึ่งมาจากอัตราการสลายโดยประมาณของธาตุเรเดียม หนัก 1 กรัม

Half - life ครึ่งชีวิต

ระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีใช้ในกระบวนการ การสลายกัมมันตรังสีเพื่อลดกัมมันตภาพ เหลือครึ่งหนึ่งของกัมมันตภาพตั้งต้น

Radioactivity กัมมันตภาพรังสี

ปรากฏการณ์ที่นิวไคลด์กัมมันตรังสีสลายและมีการปล่อยรังสีออกมาด้วย โดยทั่วไปการสลายจะให้นิวไคลด์ใหม่ ปราคำการณ์นี้ ค้นพบโดยออองรี เบ็กเคอเรล (Henri Becquerel ในปี พ.ศ. 2439

radionuclide นิวไคลด์กัมมันตรังสี

นิวไคลด์ที่ไม่เสถียร มีการสลายเพื่อลดระดับพลังงาน โดยการปลดปล่อยรังสี เช่นแอลฟา บีตา แกมมาออกมา นิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปรากฏอยู่ในธรรมชาติ และที่มาจากการผลิตของมนุษย์ ตัวอย่างนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติเช่น $^{235}_{92}U$ $^{238}_{92}U$ ^{40}K และที่มนุษย์ผลิตขึ้น $^{60}_{27}Co$ $^{241}_{95}Am$ $^{99}_{43}Tc$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

radioactive fallout ฝุ่นกัมมันตรังสี

อนุภาคกัมมันตภาพรังสีซึ่งเกิดจาก การระเบิดทางนิวเคลียร์ที่แขวนลอยในอากาศ และตกสู่พื้นโลกในเวลาต่างกัน

specific activity กัมมันตภาพจำเพาะ

กัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีต่อมวลของธาตุ หรือสารประกอบ เช่น มิลลิคูรีต่อมิลลิกรัม (mCi/mg) หรือคูรีต่อโมล (Ci/mol)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจวัดซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมของประเทศไทยโดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี

Measurement of Cesium-137 in Cow Milk Processing of Thailand Using Gamma Spectrometry

คำนำ

การศึกษากัมมันตภาพรังสีซีเซียม-137 (^{137}Cs) ซึ่งเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีในสิ่งแวดล้อมที่มีแหล่งกำเนิดมาจากผลการดำเนินการของมนุษย์ เช่น ผลผลิตการแตกนิวเคลียส การทดลองอาวุธนิวเคลียร์ในบรรยากาศของประเทศต่าง ๆ และอุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นกัมมันตรังสีเข้าสู่บรรยากาศและสิ่งแวดล้อม ซีเซียม-137 จัดเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่สำคัญ สำหรับประเมินการได้รับรังสีของประชากรและปริมาณกัมมันตภาพรังสี ^{137}Cs ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในระดับ 10^{-12} เบ็กเคอเรล มีมากกว่านิวไคลด์ชนิดอื่น (Shinohara,2004) มีค่าครึ่งชีวิตทางกายภาพ 30.2 ปี และ ค่าครึ่งชีวิตทางชีวภาพ 110 วัน สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมในวงกว้าง (Tsukada,2002) เคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อมผ่านห่วงโซ่อาหารจากพืชไปสู่สัตว์และมนุษย์โอกาสเกิดการปนเปื้อนในน้ำนมโคสดและผลิตภัณฑ์นมโคสด จำเป็นต้องตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง เพื่อเฝ้าระวังกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมโดยเลือกใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณรังสีระดับต่ำที่มีประสิทธิภาพ และผลการตรวจวัดที่ได้จะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของประเทศไทยต่อไป

เนื่องจากการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำนมสดและผลิตภัณฑ์น้ำนม จะสลายตัวให้ทั้งรังสีแกมมาและรังสีบีตา ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่าง จึงสามารถทำได้ทั้งการวัดรังสีแกมมาด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาสเปกโตรเมตรีชนิดตัวตรวจวัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (high purity germanium detector, HPGe) หรือชนิดซินทิลเลชั่นแบบของแข็ง (sodium iodide detector, NaI(Tl)) และการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีบีตาด้วยเครื่องวัดรังสี proportional counters ปัจจุบันนิยมทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี เพราะมีความสะดวกในการเตรียมตัวอย่าง ไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีทางเคมี (Vagas and Guerra, 2006) งานศึกษาวิจัยจึงเลือกใช้หัววัดรังสีแกม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาสเปกโตรเมตรีชนิด HPGe ในการวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม เนื่องจากหัววัดชนิดนี้มีประสิทธิภาพของการแยกพลังงานสูง จัดเป็นหัววัดที่มีประสิทธิภาพสามารถระบุชนิดของนิวไคลด์ได้อย่างชัดเจน(Gilmore and Hemingway,2004)

โดยทั่วไปผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่มีปริมาณน้อยในผลิตภัณฑ์น้ำนม จะต้องเพิ่มเวลาวัดให้ยาวนานขึ้น การหาระยะเวลาวัดตัวอย่าง การนำผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการทำแห้งทำให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยนำปัจจัยที่สำคัญทางสถิติ (critical limit, L_C) มายืนยันความถูกต้อง และควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมที่มาจากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลปริมาณซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมจากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศไทย ด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี

2. เพื่อยืนยันค่าความถูกต้องและความแม่นยำของผลการวัดจากวิธีการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง

3. ผลของการวิเคราะห์มาสรุปเป็นข้อมูลพื้นฐานค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ของผลิตภัณฑ์น้ำนม จากแหล่งผลิตในประเทศไทย สำหรับใช้ประเมินการเสี่ยงจากการได้รับรังสีซีเซียม- 137 ในการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำนม

ขอบเขตงานวิจัย

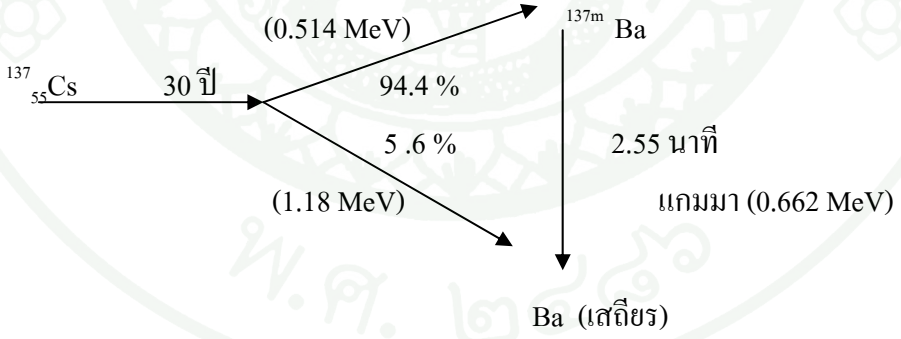
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิดพาสเจอไรซ์ และยูเอชทีที่ประชากรไทยนิยมนำมาบริโภคในชีวิตประจำวัน จำนวน 4 ชนิด นำไปบรรจุลงในภาชนะMarinelli beaker ปริมาตร 1 สิตร สำหรับตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมตัวอย่างด้วยระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยทั่วไปปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ต่ำจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยนำผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการทำแบบแห้ง นำไปตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 เพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและใช้เป็นค่าปริมาณซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมได้ โดยทำการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดด้วยวิธีการทางสถิติด้วยค่าวิกฤต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ซีเซียม-137

ซีเซียม-137 ที่อยู่ในรูปแบบของสารกัมมันตรังสี และมีอยู่ในสิ่งแวดล้อม จัดเป็นนิวไคลด์ที่เกิดมาจากการดำเนินการของมนุษย์ (artificial product)ซึ่งมาจากผลผลิตฟิชชันจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักบางชนิดแยกออกเป็นนิวเคลียสของธาตุที่เบากว่าอย่างน้อย 2 ชนิด พร้อมปล่อยอนุภาคนิวตรอน รังสีแกมมา และพลังงานออกมา รวมถึงผลจากการกระตุ้นนิวตรอน (neutron activation) จากการทดลองระเบิดอาวุธนิวเคลียร์ เครื่องปรมาณูวิจัย อุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เชอร์โนบิล และมีครึ่งชีวิตทางกายภาพ 30.07 ปี ได้มีการค้นพบในปี ค.ศ.1927 โดย เกลนน์ ที. ที. ซีบอร์ก และมาร์กาเร็ต เมลเฮส ซีเซียม-137 มีการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีและปลดปล่อยอนุภาคที่ให้ 1) พลังงานของรังสีแกมมา 0.662 MeV. โอกาสการสลายตัวให้รังสีแกมมา 85.1 เปอร์เซ็นต์ให้ไอโซโทปแบเรียม- 137 m (^{137m}Ba) มีครึ่งชีวิต 2.55 นาที และสลายตัวให้รังสีแกมมาที่เสถียร(ground state) ให้ไอโซโทปแบเรียม -137 2) พลังงานสูงสุดของรังสีบีตา 0.514 MeV สลายตัวให้รังสีแกมมา 94.4 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 1.18 MeV สลายตัวให้รังสีแกมมา 5.6 เปอร์เซ็นต์สำหรับซีเซียม-137 แสดงดังแผนผัง



คุณสมบัติของซีเซียม-137 สามารถละลายน้ำได้ดี เคลื่อนย้ายได้ง่ายในสิ่งแวดล้อมผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (food chain) มีคุณสมบัติทางเคมีและขบวนการทางชีวภาพคล้ายคลึงกับธาตุโพแทสเซียม (^{40}K) ดังนั้นเมื่อมนุษย์ได้รับซีเซียม-137 เข้าสู่ร่างกายจะเข้าไปสะสมที่กล้ามเนื้อร่างกายที่ตำแหน่งเดียวกับโพแทสเซียม (Davis,1963)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แหล่งกำเนิดซีเซียม-137

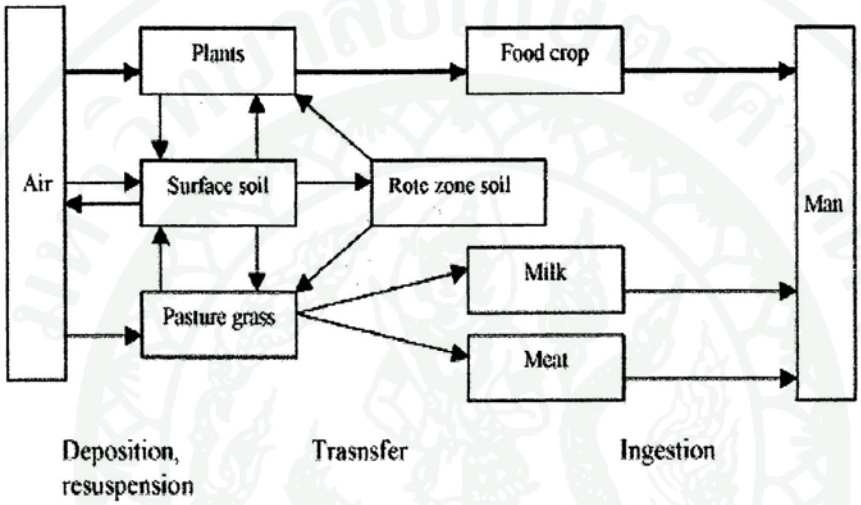
แหล่งกำเนิดที่สำคัญของซีเซียม-137 มาจากการสลายตัวของฝุ่นกัมมันตรังสี(fallout) ที่เกิดจากการทดลองระเบิดอาวุธนิวเคลียร์ในชั้นบรรยากาศ อนุภาคกัมมันตรังสีซึ่งเกิดจากการระเบิดทางนิวเคลียร์ที่แขวนลอยในอากาศ และตกสู่พื้นโลกในเวลาต่างกัน ฝุ่นกัมมันตรังสีที่ผ่านเข้าไปสู่ชั้นบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (tropospheric) ฝุ่นชนิดนี้จะมาตกลงสู่พื้นเฉพาะที่โดยตกอยู่รอบโลกเป็นแถบแคบๆบริเวณละติจูดที่มีการทดลอง และในชั้นบรรยากาศที่มีความสูงมากกว่า 30,000 ฟุต ผลผลิตฟิชชั่นจะสะสมอยู่ในบรรยากาศของโลกชั้นสตราโทสเฟียร์(stratospheric) เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของชั้นบรรยากาศ ทำให้ฝุ่นกัมมันตรังสีเหล่านี้ตกลงอย่างช้าๆไปทั่วพื้นผิวโลก เส้นทางการเคลื่อนย้ายของซีเซียม-137 ในบรรยากาศ สลายตัวตกลงมาพร้อมน้ำฝนและตกลงบนพืช พื้นดินและแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างปี ค.ศ. 1950-1960 มีการเคลื่อนย้ายของซีเซียม-137 กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม และผ่านเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร(UNSCEAR,2000) นอกจากนี้ยังพบนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนอยู่ในพืช ดิน และน้ำจะมีระดับการปนเปื้อนที่แตกต่างกัน (Ritchie and Mchenry, 1990)

มนุษย์มีโอกาสได้รับรังสีจากพื้นที่เกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ ทั้งโดยทางตรง และทางอ้อม เกิดผลโดยอ้อมกับสุขภาพของมนุษย์ทั่วโลก (Melquiades and Appoloni ,2004) จากการบริโภคน้ำและอาหารที่ได้รับการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่นิวไคลด์ที่พบมีหลายชนิด เช่น ^{134}Cs ^{137}Cs ^{137m}Ba ^{131}I ^{89}Sr ^{239}Pu ^{241}Am และ ^{3}H จากการศึกษาทางสิ่งแวดล้อมระหว่างปี ค.ศ.1960 เชื่อว่านิวไคลด์กัมมันตรังสีชนิด ^{90}Sr และ ^{137}Cs ซึ่งมีครึ่งชีวิตยาวจะมีการเคลื่อนย้ายตกลงบนทุ่งหญ้ากว้างที่ปลูกเลี้ยงสัตว์ เช่นวัวตัวเมียที่ผลิตน้ำนม (UNSCEAR, 2000) ซีเซียม-137 สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์จากการเคลื่อนย้ายของฝุ่นกัมมันตรังสีในชั้นบรรยากาศ ผ่านทางห่วงโซ่อาหารจากดินไปสู่พืช และสัตว์ เข้าสู่ร่างกายมนุษย์จากการดื่มนมที่วัวตัวเมียกินหญ้าเลี้ยงสัตว์ระหว่างฝุ่นกัมมันตรังสี ตกลงบนพื้นดิน หรือหญ้าที่วัวกิน (Tsukada,1994) และนมเป็นตัวกลางสำคัญในการเคลื่อนย้ายซีเซียม-137ไปสู่มนุษย์

สำหรับวัวกินหญ้าที่เลี้ยงในฟาร์มภายในอาคารการปนเปื้อนของนม และฝุ่นกัมมันตรังสี ^{137}Cs ที่ถูกปลดปล่อยจะสัมพันธ์กับหญ้าที่ใช้เลี้ยงวัว จะมีความเข้มข้นกัมมันตภาพในผลิตภัณฑ์น้ำนมสูงกว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสี ที่มีอยู่ในอากาศหรือ อาหารสัตว์ ดังนั้นน้ำและอากาศจึงเป็นปัจจัยในการเคลื่อนที่ของสารกัมมันตรังสี จากแหล่งกำเนิดออกสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวกลางนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และอาหาร (ICRP, 1985) จากการตรวจวัดความเข้มข้นกัมมันตภาพของซีเซียม-137 ในหญ้าเลี้ยงสัตว์อาจมีความสำคัญต่อการกำหนดค่าปริมาณรังสีที่ถูกต้องได้ (IAEA, 1989) สำหรับนมแพะและแกะควรจะตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่องเช่นกัน (UNEP, 1991) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เส้นทางการเคลื่อนย้ายของซีเซียม- 137 ในอากาศ

ที่มา: UNEP (1991)

3. ผลิตภัณฑ์น้ำนม และแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศไทย

น้ำนมเป็นอาหารของทารก และสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม ให้ทั้งพลังงานและสร้างความเจริญเติบโต เป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ เช่นโปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลคโตส วิตามินและเกลือแร่ คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมจากสัตว์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 นมโคมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ น้ำประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันเนย 4 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลแลคโตส 4 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3 เปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่เป็นเคซีน และเถ้า 0.7 เปอร์เซ็นต์ แหล่งเกลือแร่ที่มีมากในนมคือ แคลเซียม (Ca) และฟอสฟอรัส (P) นมเป็นแหล่งที่สำคัญของวิตามิน เอ ดี และ บี2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมจากสัตว์ประเภทต่างๆ (ต่อ 100 กรัม)

ชนิดของนม	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน
นมคน	87.43	3.75	1.63
นมวัว	87.40	3.80	3.35
นมแพะ	86.82	4.24	3.70
นมแกะ	83.00	5.30	6.30
นมควาย	83.23	7.45	3.76

ที่มา: ประไพศรี (2542)

แหล่งเลี้ยงโคนมในประเทศไทย

น้ำนมที่ได้จากสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น โค แพะ แกะ กระบือ เป็นต้น น้ำนมโคมีส่วนประกอบที่ใกล้เคียงกับน้ำนมมารดามากที่สุด ในปัจจุบันมีแหล่งเลี้ยงโคนมที่สำคัญอยู่ 4 แห่ง คือ 1. บริเวณจังหวัดสระบุรี-นครราชสีมา – ลพบุรี 2. บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์-เพชรบุรี 3. บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และ4. บริเวณจังหวัดราชบุรี-นครปฐม เกษตรกรในสามแหล่งแรกส่งน้ำนมสดเข้าโรงงานขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทยที่อำเภอมวกเหล็กจังหวัดสระบุรี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ตามลำดับ ส่วนแหล่งสุดท้ายส่งเข้าโรงงานของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) อย่างไรก็ตามในระยะหลังได้มีการเลี้ยงโคนมกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณใกล้เคียงกับวิทยาลัยเกษตรกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษาและบริษัทเอกชนที่มีการแปรรูปนม

พันธุ์โคที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์โฮลสไตน์ (Holstein) ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ในอังกฤษเรียกว่า ฟรีเชียน (Friesian) ในเดนมาร์กเรียกว่า ขาว-ดำ (Black and White) หรือ ดัตช์ฟรีเชียน (Dutch friesian) ในอิสราเอลเรียกว่าอิสราเอลฟรีเชียน (Israel friesian) เป็นต้น เป็นโคนมที่มีลักษณะเด่นตรงที่มีสีดำตัดกับสีขาวอย่างชัดเจน โคตัวผู้ที่โตเต็มที่จะมีน้ำหนักประมาณ 800-1000 กิโลกรัม ส่วนตัวเมียจะมีน้ำหนักประมาณ 600-700 กิโลกรัม และเจริญเติบโตดีกว่าตัวผู้ แม่โคจะเจริญเต็มที่เมื่ออายุ 6-7 ปีมีอายุผสมพันธุ์ประมาณ 18 เดือนคลอดลูกเมื่ออายุได้ 28-30 เดือน การให้นมอยู่ในเกณฑ์สูงประมาณ 5,000 กิโลกรัมต่อปี มีไขมันนม 3.5% (ไขมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีขาวเหมาะที่จะนำไปบริโภค)เคยมีความเชื่อกันว่าโคพันธุ์นี้มีสายเลือด 100% ไม่สามารถเลี้ยงได้ดีในประเทศที่มีอากาศร้อน แต่ในอิสราเอลกลับเลี้ยงเป็นผลสำเร็จ ในประเทศไทยโคพันธุ์นี้ส่วนใหญ่มีสายเลือดผสม 50-75% แต่ก็มีแนวโน้มที่จะพัฒนาให้มีสายเลือดสูงขึ้นจนสามารถเลี้ยงสายเลือด 100% ได้พันธุ์โคนมที่นิยมเลี้ยงมากอีกพันธุ์หนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณอำเภอมวกเหล็ก คือ พันธุ์เรดเดน (Red dane) ซึ่งพัฒนาขึ้นที่ประเทศเดนมาร์ก ให้นมและเนื้อใกล้เคียงกับพันธุ์โฮลสไตน์แต่มีปัญหาในการปรับตัวในสภาพอากาศร้อน

นอกจากนี้ยังมีโคพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งพัฒนามาจากอินเดียและปากีสถาน คือ พันธุ์เรดซินดิ (Red sindhi) และซาฮิวาล (Sahiwal) ให้นมน้อยกว่าพันธุ์ยุโรปครึ่งหนึ่ง และมีไขมันค่อนข้างสูง การเลี้ยงโคนมอย่างมีประสิทธิภาพ จะพิจารณาจากการที่โคให้นมในปริมาณสูงในขณะที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศและโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้ โคจะต้องเชื่องและรีดนมง่าย ไม่ต้องใช้ลูกโคกระตุ้นเวลารีดนม ใน พ.ศ. 2530 ประเทศไทยมีแม่โคนมพันธุ์ดีที่กำลังให้นมมากกว่า 30,000 ตัว กระจายอยู่ทั่วประเทศ ในแต่ละวันสามารถผลิตน้ำนมดิบได้มากกว่า 200 ตัน ซึ่งถ้าคิดเฉลี่ยต่อตัวต่อวันแล้ว ผลิตผลของโคนมในประเทศไทยยังอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ ให้ผลิตผลเพียงประมาณ 9-10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันหรือประมาณ 2,500-3,000 กิโลกรัมต่อช่วงเวลาการให้นมช่วงเวลาหนึ่ง (lactation) แม้ว่าโคนมพันธุ์ผสมจำนวนหนึ่งอาจให้นมได้ถึง 20 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันก็ตาม จากการพัฒนาหรือปรับปรุงพันธุ์ การพัฒนาทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และอาหารสัตว์ การพัฒนาการผสมเทียมและการบริการสัตว์แพทย์ การพัฒนาการจัดการฟาร์ม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำนมดิบได้

ประเทศไทยมีพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพน้ำนม ซึ่งมีกฎข้อบังคับเกี่ยวกับการปราศจากจากเชื้อโรคของน้ำนม และให้คำจำกัดความของน้ำนมสดว่า เป็นสิ่งที่ได้จากการรีดจากเต้านมโค จะต้องมีธาตุน้ำนมไม่นับมันเนยไม่น้อยกว่า 8.25 เปอร์เซ็นต์ และจะต้องมีมันเนยไม่น้อยกว่า 3.25 เปอร์เซ็นต์ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 265, 2545) น้ำนมดิบจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นนมพร้อมดื่ม และมีการนำเข้านมผงเพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์นม เช่นการผลิตนมพาสเจอไรซ์ นมยูเอชที นมสเตอริไลซ์ หรือนมพร้อมดื่มได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. นมสดพาสเจอไรซ์ (pasteurized milk) เป็นน้ำนมดิบที่นำไปผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส หรือ 145 องศาฟาเรนไฮต์ และคงอยู่ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ ไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ไม่น้อยกว่า 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุลงในภาชนะที่สะอาด และปิดสนิท นมประเภทนี้มีอายุการเก็บสั้นประมาณ 3-7 วัน นมพาสเจอไรซ์ที่มีขายในท้องตลาดอาจบรรจุภาชนะพลาสติก ลักษณะเป็นถุง, กล่อง หรือขวด ควรอ่านวันหมดอายุที่ระบุไว้ เพื่อป้องกันการบริโภคนมเสีย

2. นมสดสเตอริไลซ์ (sterilized milk) เป็นน้ำนมดิบที่นำไปผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาที่เหมาะสม ก่อนบรรจุลงในภาชนะที่สะอาดและปิดสนิท เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโปรตีน น้ำตาลนม ไขมัน ทำให้นม มีสี กลิ่น และรสชาติแตกต่างไปจากน้ำนมดิบ

3. นมสดยูเอชที (Ultra High Temperature, UHT) คือน้ำนมดิบที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส คงที่ไม่น้อยกว่า 1 วินาที ก่อนบรรจุลงในภาชนะที่สะอาด และปลอดเชื้อ นมชนิดนี้บรรจุลงกล่องกระดาษ หมดอายุประมาณ 5-6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ถ้ายังไม่เปิดภาชนะ เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้รับความนิยมบริโภคมาก กว่านมชนิดอื่น

ตารางที่ 2 ตลาดผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์นม	ส่วนแบ่งการตลาด (เปอร์เซ็นต์)
ยูเอชที	77
พาสเจอไรซ์	18
สเตอริไลซ์	5

ที่มา: วลัยพร (2541)

สำหรับงานวิจัยได้นำตัวอย่างผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดนมสดพาสเจอไรซ์ และนมสดยูเอชที มาจากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศไทย เช่น สหกรณ์ฟาร์มโคนมหนองโพจังหวัดราชบุรี ฟาร์มโคนม อำเภอมวกเหล็กจังหวัดสระบุรี และฟาร์มโคนมโชคชัยจังหวัดนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. งานวิจัยที่ศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม และนมผง

4.1 ปริมาณซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม

มีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด นมสดเกษตรเป็นประจำทุกเดือนในปีพ.ศ.2523 –2524 ด้วยระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 0.34 ± 0.03Bq/kg $_{fresh}$ (กุสุมา, 2525) ภายหลังจากเกิดอุบัติเหตุเชอร์โนบิลในปีพ.ศ.2530 มีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดนมสดเกษตรและนมสดจิตรลดา เป็นประจำทุกเดือน พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 0.29 ± 0.02 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.15 ± 0.03 Bq/kg $_{fresh}$ ตามลำดับ (กุสุมา, 2530) จากผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ก่อนและหลังจากเกิดอุบัติเหตุเชอร์โนบิลในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่มาจากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศไทย สามารถยืนยันได้ว่าไม่ได้รับอิทธิพลจากอุบัติเชอร์โนบิล และไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มปริมาณซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อม ต่อมามีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด นมสดเกษตรและนมสดจิตรลดาเป็นประจำทุกเดือนในปี พ.ศ. 2531 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 0.13 ± 0.02 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.13 ± 0.03 Bq/kg $_{fresh}$ ตามลำดับ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม (กุสุมา, 2531)

มีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ ที่ผลิตมาจากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศไทย ชนิดนมสดเกษตร นมสดจิตรลดา และนมสดโชคชัย ประจำทุกเดือนในปี พ.ศ. 2530 ด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี เพื่อเฝ้าระวังปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมภายหลังเกิดอุบัติเหตุเชอร์โนบิล พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมทั้ง 3 ชนิดมีค่าเท่ากับ 0.18 ± 0.02 Bq/L, 0.14 ± 0.01 Bq/L และ 0.15 ± 0.01 Bq/L ตามลำดับ (พรศรี, 2530) ต่อมาได้มีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมสดเกษตร และนมสดโชคชัย เป็นประจำทุกเดือน พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีค่าเท่ากับ 0.13 ± 0.01 Bq/L จากผลการวัดตัวอย่างน้ำนมโคสดในประเทศไทย สามารถยืนยันได้ว่าไม่ได้รับอิทธิพลจากอุบัติเหตุเชอร์โนบิลและไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม (พรศรี, 2534)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากงานวิจัยในประเทศ พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และน้ำนมสด ที่มาจากแหล่งผลิตในประเทศมีค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำ และค่าปริมาณซีเซียม-137ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ระหว่างก่อนและหลังเกิดอุบัติเหตุเชอร์โนบิล ต่อมามีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างอาหารที่ประชากรบริโภค รวมทั้งผลิตภัณฑ์น้ำนม จำนวน 9 ชนิด จากการนำตัวอย่างอาหารมาจากแหล่งเพาะปลูกในประเทศ ได้แก่ เนื้อโค เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อปลาช่อน มะละกอ กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ข้าวสาร และนมสดเกษตรชนิดพาสเจอไรซ์ พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ 0.02 Bq/kg, 0.02 Bq/kg, 0.03 Bq/kg, 0.03 Bq/kg, 0.01 Bq/kg, 0.01 Bq/kg, 0.02 Bq/kg, 0.02 Bq/kg และนมสดเกษตรมีค่าต่ำกว่า 0.22 Bq/kg_{fresh} (บูลัน,2546)

ผลงานวิจัยในต่างประเทศมีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำนมโคสดในเมืองบอมเบย์ ประเทศอินเดียพบว่าปริมาณซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 1.97-7.65 pCi/g (0.07-0.28 Bq/g) มนุษย์จะได้รับปริมาณซีเซียม-137จากการบริโภคน้ำนมสดและผลิตภัณฑ์น้ำนมต่อวันมีปริมาณเท่ากับ 0.1-1.8 pCi (0.004-0.066 Bq/g) (Mishra, Lalit and Ramachandran,1976) และจากรายงานผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 ในตัวอย่างอาหาร จำนวน 18 ชนิดในเมืองชิบะประเทศญี่ปุ่นประกอบด้วย ธัญพืช ถั่ว มันฝรั่ง น้ำตาล น้ำมัน ผักใบเขียว ผลไม้ เห็ด ข้าว สาหร่าย ทะเล ปลา เนื้อ ไข่ เครื่องดื่ม สัตว์ทะเลมีเปลือก พืชตระกูลถั่ว รวมทั้ง ตัวอย่างนม และผลิตภัณฑ์นม พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในนมและผลิตภัณฑ์นมมีค่าเท่ากับ 0.089±0.009 Bq/kg_{fresh} และปริมาณซีเซียม-137ที่ร่างกายจะได้รับจากการบริโภคประจำวัน มีค่าเฉลี่ย 12 ±1.3 mBq ต่อคนต่อวัน (Shiraishi, Ban-nai, Muramatsu and Yamamoto, 1999)

ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรั่วไหลของกัมมันตภาพรังสี และคุณสมบัติของนิวไคลด์ในชั้นบรรยากาศที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากการรั่วไหลของของเหลวปล่อยลงสู่แม่น้ำ มหาสมุทรและปลาที่นำมาวิเคราะห์รวมทั้งการประเมินผลกระทบชนิดนิวไคลด์ ที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์อาหารเช่น น้ำนมโคสดจากผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำนมโค บริเวณรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2 แห่งได้แก่ Atucha I (CNA I) และ Embalse (CNE) ในประเทศอาเจนตินา ตั้งแต่ปีค.ศ.1998- 2002 พบว่าปริมาณซีเซียม-137 บริเวณรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ CNA I ค่อยลดลงเมื่อเวลาผ่านไปดังนี้คือ < 0.01 Bq/L,< 0.002 Bq/L,< 0.01Bq/L,<0.009 Bq/L,<0.009 Bq/Lและผลการตรวจวัดปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำนมโคสดบริเวณรอบ CNE มีค่าปริมาณซีเซียม-137ในน้ำนมโคสด < 0.01Bq/L,<0.01 Bq/L, < 0.01 Bq/L, < 0.02 Bq/L และ< 0.01Bq/L ตามลำดับ และน้ำนมสดเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่การเคลื่อนย้ายของซีเซียม-137ไปสู่มนุษย์ (Ciallella *et al.*, 1978) และมีรายงานผลการตรวจพบนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำนมสด ที่มาจากแหล่งกำเนิดฝุ่นกัมมันตรังสี และจากอุบัติเหตุที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล พบว่าปัจจุบันมีระดับความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 ลดลงครึ่งหนึ่งจาก 10 ปีที่ผ่านมา และปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำนมสดมีค่าเท่ากับ 0.26 Bq/L (Radioactivity Monitoring on the Isle of Man, 2003)

4.2 ปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมผง

มีการตรวจวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมผงอัดเม็ดสวนดุสิต จากการนำน้ำนมสดจากแหล่งผลิตในประเทศ ไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งเป็นประจำทุกเดือนด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 1.90±0.24 Bq/kg $_{dry}$ (กุสุมา, 2530) ต่อมาได้ตรวจวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมผงอัดเม็ดสวนดุสิต อย่างต่อเนื่องในปีพ.ศ. 2531 จากการนำน้ำนมสดไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง เป็นประจำทุกเดือนด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 1.33±0.22 Bq/kg $_{dry}$ (กุสุมา, 2531) จากผลการตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในแต่ละปีไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม

มีการตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมผงดัดแปลงนำเข้าจำนวน 6 ตัวอย่าง ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาสเปกโตรเมตรีชนิด HPGe ใช้เวลา 40,000 วินาทีต่อตัวอย่าง ผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมผงนำเข้ามีค่าปริมาณซีเซียม-137ในแต่ละตัวอย่างเท่ากับ 2.46±0.86 Bq/kg$_{dry}$,1.87±0.71Bq/kg$_{dry}$, 1.54±0.83Bq/kg$_{dry}$ 1.10±0.84 Bq/kg$_{dry}$,1.02±0.87Bq/kg$_{dry}$,และ2.00±0.74 Bq/kg $_{dry}$ ตามลำดับ โดยที่ทุกตัวอย่างมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สูงกว่าค่า LLD (จีระนันท์, 2547) ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 มีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมผงนำเข้าจากต่างประเทศ ที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาสุ่มตัวอย่าง และส่งให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติตรวจวัดจำนวน 4 ตัวอย่างด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาชนิด HPGe พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างนมผงนำเข้า มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 เท่ากับ 1.39±0.54Bq/kg$_{dry}$ 3.27±0.54Bq/kg$_{dry}$,17.44±0.72Bq/kg$_{dry}$,และ.66±0.51Bq/kg$_{dry}$ ตามลำดับ (สุชิน และวุฒิเดช, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากรายงานผลการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเตรียมตัวอย่างน้ำนมสด (fresh milk) จากการนำน้ำนมสดชนิดเดียวกันปริมาตร 20 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dry) จากการระเหยให้แห้งเป็นลักษณะผง (นมแห้ง) สำหรับนำไปวัดรังสีแกมมา และหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่าง นอกจากนี้ยังใช้เป็นวิธีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการตรวจวัดตัวอย่างเช่นเดียวกับงานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมแห้งไปเป็นน้ำนมสดจากประเทศฮ่องกง โดยการนำตัวอย่างน้ำนมสดปริมาตร 8.5 ลิตร ไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผง จะได้น้ำหนักนมผง 1 กิโลกรัม และผลการตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำนมสดชนิด milk 1 และชนิด milk 2 พบว่ามีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างมีค่า < 0.43 Bq/kg_{fresh} และ < 0.40 Bq/kg_{fresh} ตามลำดับ (Yu and Mao,1994) สอดคล้องกับการรายงานผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมแห้งจำนวน 2 ชนิด คือ milk1 และ milk 2 ในประเทศบราซิล จากการนำตัวอย่างนมแห้งหนัก 1.130 kg_{dry} และ1.230 kg_{dry} บรรจุลงในภาชนะ Marinelli beaker ขนาด 2.1 ลิตร พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในนมแห้งชนิด milk 1 และ milk 2 มีค่า < 3.7± 1.1 Bq/kg_{dry} และ < 3.4 ± 0.7 Bq/kg_{dry} ตามลำดับโดยน้ำหนักนมแห้งเฉลี่ย 1 กิโลกรัมเตรียมมาจากน้ำนมสดไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผงโดยใช้ปริมาตร 8.5 ลิตร (Melquiades and Appoloni, 2004)

5. การควบคุมคุณภาพการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137

5.1 การตรวจติดตาม (Monitoring)

ส่วนใหญ่การตรวจวัดในสิ่งแวดล้อม จะมุ่งเน้นการเก็บตัวอย่างที่สม่ำเสมอ หรือการตรวจวัดหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์ หรือธาตุที่สนใจวิเคราะห์ในตัวอย่างจากการตรวจวัดโดยตรง และสะดวกในการเตรียมตัวอย่างไม่ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี การปรับเทียบประสิทธิภาพโดยใช้สารรังสีมาตรฐานที่มีรูปทรง ความหนาแน่นและองค์ประกอบทางเคมี เหมือนกับตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ (Vagas and Guerre, 2006) ความถูกต้อง และความแม่นยำของผลการตรวจวัดเพื่อใช้ประเมินนิวไคลด์กัมมันตรังสี ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม พิจารณาได้อย่างกว้างขวางเนื่องจากผลที่ตามมาจะใช้ตัดสินการประเมินผลกระทบมลพิษในสิ่งแวดล้อม จากการได้รับปริมาณรังสีทั้งภายในและภายนอกร่างกายของมนุษย์ในการศึกษาและการประเมินค่านิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดจะมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บ่อยครั้งที่การตรวจวัดมีระดับรังสีพื้นหลังสูงกว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่าง อันเนื่องมาจากรังสีคอสมิก สิ่งเจือปนภายในหัววัด เครื่องกำบังรังสี ก๊าซเรดอนในอากาศ สัญญาณรบกวนจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Semkow *et al.*, 2002) โดยทั่วไปการประเมินค่าจะรายงานค่าเบี่ยงเบนระหว่างค่าเฉลี่ยจากการทดลองในห้องปฏิบัติการและค่ามาตรฐานความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสี (activity concentration reference value) การวิเคราะห์ซ้ำในห้องปฏิบัติการ (Repeatability) หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Tauhata *et al.*, 2006)

5.2 การควบคุมคุณภาพ (quality control)

เป็นขั้นตอนสำคัญของการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผลการวัดมีความถูกต้อง แม่นยำ และการรายงานผลการวัดที่เชื่อถือได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ดังนั้นจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่มีปริมาณน้อยในตัวอย่างเช่น การสุ่มเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่าง การประเมินค่าและรายงานผลการวัด สำหรับขั้นตอนการหาค่านับวัดวัดรังสี จะต้องทำการปรับเทียบมาตรฐานเช่น การเทียบพลังงาน การปรับเทียบประสิทธิภาพ และการวัดค่าแบกกราวนด์ของหัววัด สารรังสีมาตรฐานจะต้องมีใบรับรองผลการสอบเทียบจากหน่วยงานระหว่างประเทศ การประเมินผลการวัด จะนำปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

6. การควบคุมสภาวะการตรวจวัด และสถิติวิเคราะห์

วิธีการตรวจวัดในระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี เพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นโดยทำการปรับเทียบมาตรฐานของเครื่องมือ เช่น 1) การเทียบพลังงานเพื่อหาชนิดของนิวไคลด์ที่มีในตัวอย่าง 2) การปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัด เพื่อนำไปคำนวณปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่าง นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีปริมาณน้อยๆ ขึ้นอยู่กับ เวลาวัดรังสี ปริมาณตัวอย่าง และวิธีการเตรียมตัวอย่าง สำหรับปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับเวลาได้แก่ ค่าขีดจำกัดของเครื่องมือ (Detection Limit, L_D) หรือค่าต่ำสุดที่เครื่องมือตรวจวัดได้ (Lower Limit of detection,LLD) ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง (Minimum Detectable Activity, MDA) และค่าวิกฤตของการวัด (Critical Limit, L_C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 ค่าขีดจำกัดของเครื่องมือ (Detection Limit, L_D)

หมายถึงค่าขีดจำกัดความสามารถของระบบวัด เป็นการประเมินค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีต่ำสุดของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่สามารถตรวจวัดได้ขณะที่ทำการวัดรังสี สำหรับการประเมินค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด และการอ้างอิงถึงค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ หรือ Lower limit of detection (LLD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (1- β = 0.95) และมีความคลาดเคลื่อนเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ (α = 0.05) สามารถคำนวณค่า LLD จากสมการ (1)

$$LLD(Bq) = 4.66\frac{S_o}{Eff} \quad (1)$$

S_0 หาได้จากสมการ (2)

$$S_o = \left[\frac{S+B}{T_{S+B}^2} + \frac{B}{T_B^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

เมื่อ

S_0	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ	(counts.sec^{-1})
S+B	=	ค่านับวัดตัวอย่างกับค่าแบกกราวนด์	(counts)
B	=	ค่านับวัดแบกกราวนด์	(counts)
T_{S+B}	=	เวลานับวัดตัวอย่างกับแบกกราวนด์	(sec)
T_B	=	เวลานับวัดแบกกราวนด์	(sec)
Eff	=	ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 662 keV สำหรับ Cs-137	

ค่า LLD ใช้กำหนดระดับความสามารถที่จะวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าแบกกราวนด์และค่านับวัดตัวอย่าง และใช้ประเมินผลการวัดได้ถูกต้อง ในการประมาณค่านับวัดที่มีปริมาณต่ำทำให้ความน่าเชื่อถือของผลการวัดลดลง ดังนั้นการหาค่า LLD จะนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการวัดดังสมการ (3)

$$LLD = (k_\alpha + k_\beta)\, S_0 \quad (3)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ

k_α = ค่าที่อยู่สูงกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและมีความสอดคล้องกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ยอมให้ผิดพลาดได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$)

k_β = ค่าที่มีความสอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($1-\beta = 0.95$) ของการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสี

S_0 = การประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่าง เมื่อค่านับวัดแบกกราวนด์ มีค่าใกล้เคียงกับค่านับวัดรังสีรวม คำนวณมาจากค่านับวัดแบกกราวนด์และตัวอย่าง โดยกำหนดให้ค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่า $\alpha = 0.05$ และ $1-\beta = 0.95$ ดังนั้นค่า $k = k_\alpha$ และ k_β เท่ากับ 1.645 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

α	$1-\beta$	k	$2k(2)^{1/2}$
0.01	0.99	2.327	6.59
0.02	0.98	2.054	5.81
0.05	0.95	1.645	4.66
0.10	0.90	1.282	3.63
0.20	0.80	0.842	2.38

ที่มา: Environmental Measurements Laboratory U.S. Department of Energy (1997)

จากสมการ (3) จะได้

$$S_0 = (S^2_B + S^2_G)^{1/2} \quad (4)$$

เมื่อ

S_0 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ ($count.sce^{-1}$)

S_B = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการวัดแบกกราวนด์ ($count.sce^{-1}$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

S_G = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดรวม (count.sce^{-1})

= $S_B (2)^{1/2}$

= $2kS_B (2)^{1/2}$ เมื่อค่า k เท่ากับ 1.645 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6.2 ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง (Minimum Detectable Activity, MDA)

ใช้กำหนดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง (Minimum Detectable Activity; MDA) เป็นค่าที่เชื่อถือได้ จากการตรวจวัดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่ต้องการวิเคราะห์ในตัวอย่างจากการวัดรังสีแกมมานั้นจะมีความสัมพันธ์ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดเรียกว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง นอกจากนี้ค่า MDA ขึ้นอยู่กับความไวของหัววัด พลังงานของนิวไคลด์ ชนิดของนิวไคลด์ องค์ประกอบของตัวอย่าง และขนาด และรูปทรงภาชนะใส่ตัวอย่าง แหล่งกำเนิดค่าแบกกราวนด์ซึ่งมาจากรังสีคอสมิก อวกาศ รังสีจากแหล่งกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ จากการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีต่ำกว่าค่า MDA จึงต้องเพิ่มเวลาในการวัดให้ยาวนานขึ้นเพื่อลดค่า MDA และทำการวิเคราะห์ผลการวัดด้วยวิธีทางสถิติ เช่น หาค่าวิกฤต และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อยืนยันผลการวัดตัวอย่างที่มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีต่ำให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น แสดงวิธีการคำนวณจากสมการ (5)

ดั้งนั้นค่า MDA หาจากสมการ

$$\textbf{MDA (Bq/kg.fresh)} = \frac{\textbf{4.66 } S_o}{\textbf{Eff xW}} \qquad (5)$$

หาค่า S_0 จาก

$$S_o = \left[\frac{S+B}{T^2_{S+B}} + \frac{B}{T^2_B}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (6)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ

S_0 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตรานับวัดสุทธิ (counts.sec^{-1})

S+B = ค่านับวัดตัวอย่างกับแบกกราวนด์ (counts)

B = ค่านับวัดแบกกราวนด์ (counts)

T_{S+B} = เวลานับวัดตัวอย่างกับแบกกราวนด์ (sec)

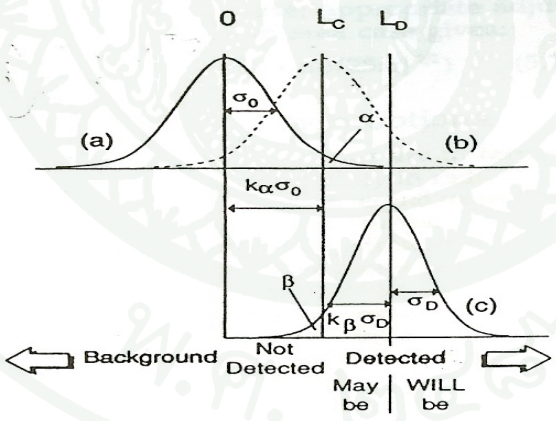
T_B = เวลานับวัดแบกกราวนด์ (sec)

Eff = ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 662 keV สำหรับ Cs-137

W = น้ำหนักตัวอย่างสด (kg_{fresh})

จากสมการ (5) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกับค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการนับวัด ปริมาณตัวอย่าง (น้ำหนัก หรือปริมาตร) และเวลาที่ใช้วัดตัวอย่าง จะสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ (S_0) และค่าแบกกราวนด์ (B)

6.3 ค่าวิกฤต (Critical Limit, L_C)



ภาพที่ 2 การกำหนดระดับของการตรวจวัด L_C และ L_D

ที่มา: Gilmore and Hemingway (2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อธิบายจาก ภาพที่ 2 ค่าวิกฤตเป็นปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่จริงในตัวอย่าง ใช้ในการกำหนดค่านับวัด การกระจายค่านับวัด (a) อยู่ทางด้านซ้ายของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_0) เป็นค่านับวัดแบกกราวนด์ ไม่มีกัมมันตภาพรังสี แต่การกระจายเป็นรูปสมมาตรและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าศูนย์ ดังนั้นค่านับวัดที่อยู่ทางขวาของ σ_0 จะเป็นค่านับวัดแบกกราวนด์เช่นเดียวกัน ส่วนค่านับวัดสุทธิที่ตรวจวัดได้จริงจะอยู่เหนือ L_C ที่ระดับของความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่า probability interval, α เท่ากับ 0.05 (k_α factor = 1.645) ดังตารางที่ 3 และการกระจาย (b) ค่านับวัดสุทธิที่สูงว่า L_C และ L_D เชื่อมั่นได้ว่ามีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจริงในตัวอย่าง ดังนั้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำกว่า L_C จะแสดงค่าวิกฤตดังสมการ

$$L_C = k_\alpha \sigma_0 \qquad \text{Gilmore and Hemingway (2004)} \qquad (7)$$

เมื่อ k_α = ค่า k ($\alpha = 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 1.645

σ_0 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ , $\sigma_0 = (\sigma^2_B + \sigma^2_G)^{1/2}$

ดังนั้น

$$L_C = 1.645\sigma_0 \qquad (8)$$

เมื่อแทนค่า $\sigma_0 = \sqrt{2}\,\sigma_{NB}$ ลงในสมการ (8) จะได้ L_C ดังสมการ

$$L_C = 2.33\sigma_{NB} \qquad (9)$$

สำหรับการกระจาย (c) สามารถทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีจริงในตัวอย่าง ค่านับวัดสุทธิมีค่าสูงกว่า L_C เชื่อมั่นว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีกัมมันตภาพรังสีจริงในตัวอย่าง และบอกว่าไม่มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ต่ำกว่า L_C เป็นค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จริง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดตัวอย่าง (σ_D) ที่มีค่าสูงกว่า L_C จะแสดงค่าวิกฤตดังสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$L_C = k\beta\sigma_D \quad (10)$$

เมื่อ $k\beta$ = ค่า k $(1-\beta = 0.95)$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 1.645

σ_D = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดตัวอย่าง

ดังนั้น

$$L_C = 1.645\sigma_D \quad (11)$$

เมื่อแทนค่า $\sigma_D = \sqrt{2}\,\sigma_{NB} + 1.645$ ลงในสมการ (10) จะได้ L_C ดังสมการ

$$L_C = 1.645(\sqrt{2}\,\sigma_{NB} + 1.645)$$

$$L_C = 2.33\sigma_{NB} + 2.71 \quad (12)$$

จากสมการ (9) และ (11) นำมาหาค่าขีดจำกัดของเครื่องมือ แสดงดังสมการ

$$L_D = 2.33\,\sigma_{NB} + (2.33\sigma_{NB} + 2.71)$$

$$= 4.66\,\sigma_{NB} + 2.71 \quad (13)$$

จาก

$$\sigma^2_{NB} = \sigma^2_{NT} + \sigma^2_{NS} \quad (14)$$

ดังนั้น

$$\sigma_{NB} = (\sigma^2_{NT} + \sigma^2_{NS})^{1/2}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ

σ_{NB} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการวัดแบกกราวนด์ (counts.sce^{-1})

σ_{NS} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ (counts.sce^{-1})

σ_{NT} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดรวม (counts.sce^{-1})

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดรังสีแกมมา ชนิดตัวตรวจวัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (high-purity germanium detector, HPGe) ของ Ortec Model 672 S/N 532 พร้อมอุปกรณ์กำบังรังสี

2. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย Spray Dryer (Buchi –190)

3. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง Marinelli beaker ความจุ 1 ลิตร

4. สารรังสีมาตรฐานรวม MP 545 สำหรับปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัด

5. สารรังสีมาตรฐาน Cs-137 และ Co-60 สำหรับปรับเทียบพลังงานของหัววัด

6. สารรังสีมาตรฐานนมผง IAEA-152 บรรจุลงภาชนะกระบอกพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร จากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

7. เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 0.01 กรัม ของ Sartorious Model U 6100S

8. ชุดคอมพิวเตอร์ และระบบแสดงผลของข้อมูลจากการตรวจวัดพร้อมเครื่องพิมพ์

9. โปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Maestro- 32

10. ถัง Dewar ขนาดความจุ 35 ลิตร ใช้บรรจุก๊าซไนโตรเจน

11. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่นิยมนำมาบริโภคมาจากแหล่งผลิตน้ำนมสดของประเทศไทย

11.1 ผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ รหัส (P) ประกอบด้วย นมสด P1, P2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11.2 ผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิดยูเอชที รหัส (U) ประกอบด้วย นมสด U3, U4

12. ตู้อบตัวอย่าง

13. ตู้ดูดความชื้น

14. ตู้ทำความเย็นสำหรับเก็บตัวอย่าง

วิธีการ

1. การเลือกชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดนมจืดที่มาจากน้ำนมสดภายในประเทศ และการเตรียมตัวอย่าง

จัดซื้อตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม 2 ชนิดคือ ชนิดพาสเจอไรซ์ ประกอบด้วยนมสด P1 และนมสด P2 ขนาด 1 ลิตรต่อตัวอย่าง และชนิดยูเอชทีประกอบด้วยนมสด U3 และU4 ขนาด 1 ลิตรต่อตัวอย่าง โดยเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม P1, P2,U3 และU4 ชนิดละ 4 ตัวอย่าง และเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง P1, P2 และ U3 ชนิดละ 3 ตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 U3 และU4 ปริมาตร1 ลิตรบรรจุลงภาชนะใส่ตัวอย่าง Marinelli beaker ขนาด 1 ลิตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่างสดด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัม (ภาพผนวกที่ ฎ1) จดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างมีหน่วยกิโลกรัมสด (kg_{fresh}) วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างขณะรอเตรียมตัวอย่างในตู้ทำความเย็นก่อนนำไปวัดรังสีแกมมา เพื่อหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด Pและ U

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 และ U3 ปริมาตร 1 ลิตร ไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัมหน่วย kg_{fresh} นำไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง ด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (ภาคผนวก จ) วิธีเก็บรักษาตัวอย่าง ขณะรอเตรียมตัวอย่างในตู้ดูดความชื้นก่อนดำเนินการวิเคราะห์ บรรจุตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งลงภาชนะกระบอกพลาสติกที่มีรูปทรงเหมือนสารรังสีมาตรฐานนมผง สำหรับนำไปวัดรังสีแกมมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างมีหน่วย kg_{dry} (ภาพผนวกที่ ฎ2) สามารถคำนวณน้ำหนักย้อนกลับในหน่วย kg_{fresh} เพื่อนำน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมไปคำนวณปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งมีหน่วย Bq/kg_{fresh} นำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งทั้งชนิดพาสเจอไรซ์ P1 P2 และชนิดยูเอชที U3 U4 แสดงดังภาคผนวก ฉ

2. การวัดรังสีแกมมาเพื่อหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

2.1 การเตรียมเครื่องมือก่อนทำการตรวจวัดรังสีแกมมา สำหรับระบบแกมมาสเปกโตรเมตรีประกอบด้วยหัววัด ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และชุดคอมพิวเตอร์ การปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

2.1.1 การเทียบพลังงาน(Energy Calibration) ใช้สารรังสีมาตรฐาน Cs-137 ที่พลังงาน 661.66 keV และ Co-60 ที่พลังงาน 1173.25 keV, 1332.50 keV นำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องตัวแทนพลังงานบนแกน x และพลังงานบนแกน Y จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ดังภาพผนวกที่ ก 2

2.1.2 การปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัด (Efficiency Calibration) ใช้สารรังสีมาตรฐานนิวไคลด์รวม MP-545 มีลักษณะเป็นซิลิกาเจลกึ่งของแข็ง/ของเหลวที่บรรจุลงในภาชนะ Marinelli beaker ความจุขนาด1ลิตร นำค่านับวัดที่พลังงาน661.66 keVไปหาค่าประสิทธิภาพของหัววัด สำหรับวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมในการวัดกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 แสดงดังภาพผนวกที่ ก4 และนำสารรังสีมาตรฐานนมผง Milk Power IAEA-152 มีลักษณะเป็นของแข็ง/

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผงละเอียด บรรจุลงกระบอกพลาสติก นำไปหาค่าประสิทธิภาพของหัววัด เพื่อคำนวณหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งในลักษณะผง

2.1.3 ค่าแบกกราวนด์ของระบบวัด (background radiation)

การหาค่าแบกกราวนด์ของระบบวัด เป็นการตรวจหาการปนเปื้อนของหัววัด หรือเป็นการตรวจหาปริมาณซีเซียม-137 ของระบบนับวัดขณะที่ไม่มีตัวอย่าง ส่วนใหญ่ค่าแบกกราวนด์ที่ตรวจวัดเกิดมาจาก รังสีคอสมิก เครื่องกำบังรังสี และสิ่งแวดล้อมภายในระบบวัด

2.2 หาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของการวัดจากการศึกษาระยะเวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง นำไปวัดรังสีแกมมา เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

2.2.1 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดยูเอชที จากการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร 1 ลิตรบรรจุลงภาชนะ Marinelli beaker ขนาด 1 ลิตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วย kg_{fresh} สำหรับนำไปวัดรังสีแกมมา นำค่านับวัดสุทธิไปคำนวณค่า MDA ที่เวลาวัดตั้งแต่ 5000,10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000,80000 และ100000 วินาทีตามลำดับ นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Time (sec) กับค่า MDA (Bq/kg. fresh)

2.2.2 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร1 ลิตรไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างมีหน่วย kg_{fresh} ก่อนนำไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผง บรรจุลงภาชนะกระบอกพลาสติกสำหรับนำไปวัดรังสีแกมมา นำค่านับวัดสุทธิไปคำนวณค่า MDA ที่เวลาวัดตั้งแต่ 5000, 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000 , 80000 วินาที และ 160000 วินาที ตามลำดับ นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Time (sec) กับค่า MDA (Bq/kg. fresh)

3. การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม- 137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

3.1 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม- 137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ P1 P2 และชนิดยูเอชที U3 U4 ปริมาตร 1 ลิตร ไปตรวจวัดรังสีแกมมาใช้เวลา 100,000 วินาที บันทึกสเปกตรัมและหาค่านับวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Maestro-32 (MCB-25) จะได้ค่านับวัดรวม ค่านับวัดสุทธิ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาจากเครื่องวัดแสดงผลการวัดดังตารางผนวกที่ซ1

3.2 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม- 137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิดพาสเจอไรซ์ P1 P2 และชนิดยูเอชที U3 จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร 1 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งแบบพ่นฝอย (วิธีการเตรียมตัวอย่างแสดงดังภาพผนวกที่ ง 1ไปวัดรังสีแกมมาใช้เวลา 80,000 วินาที บันทึกสเปกตรัมและหาค่านับวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่าง ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Maestro-32 (MCB-25) จะได้ค่านับวัดรวม ค่านับวัดสุทธิ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาจากเครื่องวัด แสดงผลการวัดดังตารางผนวกที่ ซ 2

3.3 คำนวณหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 U3 และU4 มีหน่วย Bq/kg_{fresh} เพื่อเปรียบเทียบผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3 พร้อมหาค่า MDA (Bq/kg_{fresh}) ในตัวอย่าง แล้วนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนม กับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

4. การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

การควบคุมคุณภาพของการตรวจวัดประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือกใช้ชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนมจากแหล่งผลิตในประเทศ 2) ขั้นตอนการนับวัดตัวอย่างโดยการเทียบมาตรฐานเครื่องมือ และการใช้สารรังสีมาตรฐานที่มีใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน 3) การวิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้หลักสถิติยืนยันความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยใช้ปัจจัยที่สำคัญทางสถิติในการวิเคราะห์ผล คือค่า L_C และค่า L_D ดังนั้นการหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีจริงในตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง นำมาใช้ยืนยันปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมทั้ง 2 ชนิดได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. สถานที่ทำการทดลอง

สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู (สส.) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส)

6. ระยะเวลาทดลอง

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ เดือน กันยายน พ.ศ. 2549 เดือนถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550

7. แหล่งทุนสนับสนุน

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทุน สวทช.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การเลือกชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดนมจืดที่มาจากน้ำนมสดภายในประเทศ และการเตรียมตัวอย่าง

เลือกผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ (P1 P2) และยูเอชที (U3) ปริมาตร 1 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง ด้วยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งหนัก 60-80 กรัม สามารถคำนวณน้ำหนักย้อนกลับในหน่วย kg_{fresh} แสดงน้ำหนักดังตารางผนวกที่ จ1 แต่ละตัวอย่างมีน้ำหนักไม่เท่ากันมาจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนม และความชื้นในตัวอย่างที่แตกต่างกัน นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าระหว่าง 1-2 เปอร์เซ็นต์ แสดงวิธีคำนวณดังภาคผนวก ฉ

2. การวัดรังสีแกมมาเพื่อหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

2.1 การเตรียมเครื่องมือก่อนทำการตรวจวัดรังสีแกมมา สำหรับระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยการเทียบพลังงาน และหาประสิทธิภาพของหัววัด แสดงกราฟดังภาคผนวก ก นำค่านับวัดสุทธิจากเครื่องวัดไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำนมสดมีค่าเท่ากับ 0.0041 (0.41เปอร์เซ็นต์) ดังภาพผนวกที่ ก4 และผลิตภัณฑ์น้ำนมสดแบบทำแห้งมีค่าเท่ากับ 0.007 (0.70 เปอร์เซ็นต์) เพื่อนำไปหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งได้อย่างถูกต้อง

2.2 หาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของการวัดจากการศึกษาระยะเวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง สำหรับนำไปวัดรังสีแกมมาในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.1 เงื่อนไขที่เหมาะสมของการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม จากการหาระยะเวลาวัดตั้งแต่ 5,000 วินาที-100,000 วินาที พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาวัดนานขึ้นค่า MDA ที่ลดลงเข้าสู่ระยะเวลาที่จะเลือกนำมาใช้วัดตัวอย่างได้ จะมีค่าลดลงต่ำมากเกือบคงที่ จึงเลือกใช้เวลาที่เหมาะสมสำหรับนำไปวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมเท่ากับ 100,000 วินาที แสดงผลการวัดดังตารางที่ 5 และหาระยะเวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งตั้งแต่แวลา 5,000 วินาที-80,000 วินาที พบว่าค่า MDA ลดลงเมื่อเพิ่มเวลานานขึ้น และเลือกเวลาวัดที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง เท่ากับ 80,000 วินาที แสดงผลการวัดดังตารางที่ 6 เมื่อเพิ่มเวลาวัดนานขึ้น 160,000 วินาทีค่า MDA จะลดลงอีกแต่งานวิจัยนี้เลือกใช้เวลาวัด 80,000 วินาที ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งได้เนื่องจากค่า MDA มีค่าลดต่ำลงไม่แตกต่างกับเวลาวัด 160,000 วินาที

ตารางที่ 4 ค่า MDA ที่เวลาวัดตั้งแต่ 5,000 วินาที - 100,000 วินาที ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

Time (sec)	MDA (Bq/kg_{fresh})	Time (sec)	MDA (Bq/kg_{fresh})
5000	2.32	50000	0.68
10000	1.53	60000	0.62
20000	1.09	70000	0.57
30000	0.89	80000	0.46
40000	0.77	100000	0.35

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาเวลาวัดตัวอย่างในผลิตภัณฑ์น้ำนมตั้งแต่ 5,000 วินาที – 100,000 วินาที เมื่อนำค่านับวัดไปคำนวณค่าMDA ที่เวลาวัดตั้งแต่ 5000, 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000, 70000, 80000 และ 100,000 วินาทีพบว่าค่า MDA ลดลงมากที่เวลา 100,000 วินาที จึงเลือกใช้เวลาวัด100,000 วินาทีสำหรับหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม -137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

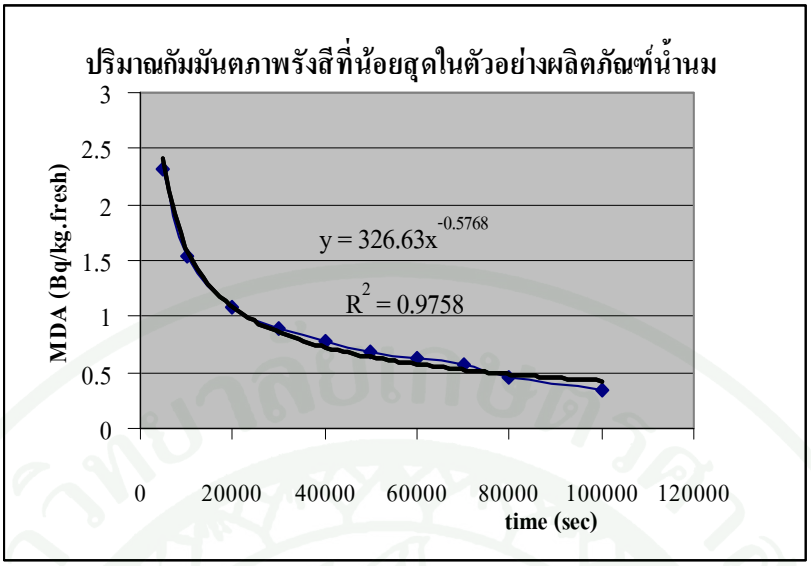
ตารางที่ 5 ค่า MDA ที่เวลาวัดตั้งแต่ 5,000 วินาที -160,000 วินาที ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

Time (sec)	MDA (Bq/kg_{fresh})	Time (sec)	MDA (Bq/kg_{fresh})
5000	1.03	50000	0.43
10000	0.88	60000	0.39
20000	0.68	80000	0.33
30000	0.57	160000	0.17
40000	0.49	-	-

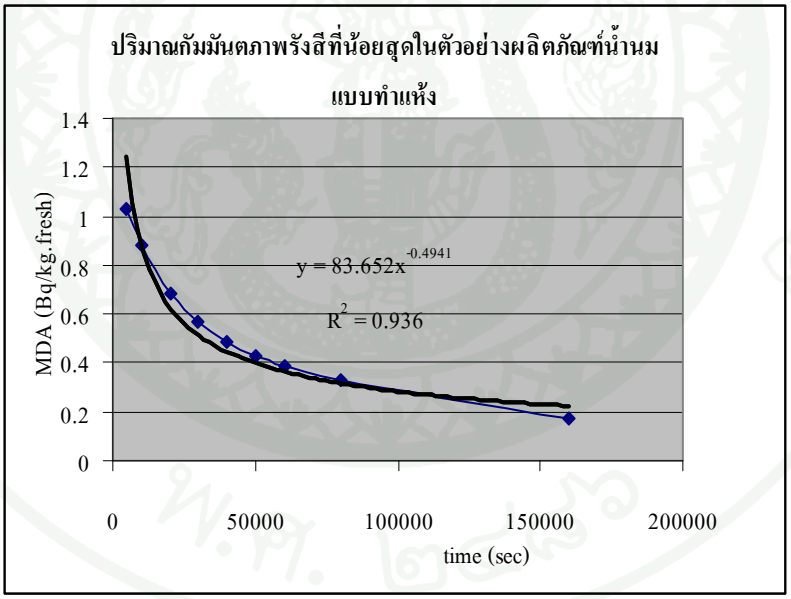
จากตารางที่ 5 ได้ศึกษาเวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมตั้งแต่ 5,000 วินาที – 160,000 วินาที เมื่อนำค่านับวัดไปคำนวณค่าMDAที่เวลาวัดตั้งแต่ 5000, 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000, 80000 และ160,000 วินาที พบว่าค่า MDA ลดลงเกือบคงที่เวลา 80,000 วินาที แต่จากตารางที่ 5 ได้ศึกษาเวลาวัด 160,000 วินาที ซึ่งพบว่าค่า MDA เริ่มมีค่าลดลงมาก และมีค่า MDAไม่แตกต่างกับเวลา 80,000 วินาที จึงเลือกใช้เวลาวัดที่ 80,000 วินาที

จากตารางที่ 4 และตารางที่ 5 เมื่อศึกษาเวลาวัดที่เหมาะสม สำหรับวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง พบว่าค่า MDA ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และใช้เวลาวัดตัวอย่างน้อยกว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ลักษณะตัวอย่างเป็นแบบสด และแบบแห้ง ภาชนะใส่ตัวอย่างมีรูปทรงต่างกันและประสิทธิภาพของหัววัดไม่เท่ากัน นำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาวัดบนแกน X กับค่า MDA บนแกน Y ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 การหาเวลาที่เหมาะสมจากค่า MDA ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม



ภาพที่ 4 การหาเวลาที่เหมาะสมจากค่า MDA ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม- 137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง แบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิดพาสเจอไรซ์ (P1 P2) และ ชนิดยูเอชที (U3 U4) จากแหล่งผลิตน้ำนมสดในประเทศโดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมทุกตัวอย่าง ปริมาตร 1 ลิตรบรรจุลงภาชนะ Marinelli beaker ขนาด 1 ลิตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่างมีหน่วย kg_{fresh} สำหรับนำไปตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่าง ด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรีใช้เวลา100,000 วินาที วิธีการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม แสดงดังภาพผนวกที่ ฎ1 และผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 U3 และ U4 แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ (P1 P2) และ ยูเอชที (U3 U4) โดยใช้เวลาวัด 100,000 วินาที

ผลิตภัณฑ์น้ำนม	ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (kg_{fresh})	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})
P1	1	1.01	0.15±0.07
	2	1.01	0.12±0.07
	3	0.99	0.17±0.08
	4	1.02	0.09±0.07
P2	1	0.99	0.24±0.07
	2	0.99	0.12±0.07
	3	1.02	0.17±0.07
	4	0.99	0.23±0.08
U3	1	0.83	0.13 ±0.09
	2	1.02	0.10 ±0.07
	3	0.84	0.12 ±0.07
	4	1.02	0.14 ±0.09
U4	1	0.82	0.25 ±0.08
	2	1.03	0.11 ±0.07
	3	1.03	0.13 ±0.07
	4	1.03	0.22 ±0.07

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 6 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์และยูเอชที แต่ละตัวอย่างมีค่าไม่เท่ากันเพราะมาจากกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำนมที่แตกต่างกัน แต่งานวิจัยนี้ใช้ค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีจริงในตัวอย่าง หรือ L_C มายืนยันผลการวิเคราะห์ จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง จะได้ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สูงกว่าค่าวิกฤตทำให้ผลการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นสำหรับปริมาณซีเซียม-137 ที่ตรวจวัดได้มาจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตมาแล้ว

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 และU3 ปริมาตร 1 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย บรรจุตัวอย่างลงกระบอกพลาสติก สำหรับนำไปตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรีใช้เวลา 80,000 วินาที แสดงวิธีการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมดังภาพผนวกที่ ฎ 1 เนื่องจากผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมจากข้อ 2.1 มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีต่ำ ได้ค่านับวัดตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงค่าแบกกราวนด์ ทำให้ประเมินค่าผลการวัดได้ยาก จึงต้องยืนยันผลการวัดจากวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบทำแห้ง ดังภาพผนวกที่ ฎ2 เปรียบเทียบผลการวัดกับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่จริงในตัวอย่าง หรือค่าวิกฤตเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของผลการวัด แสดงผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3 แสดงผลการวัดดังตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

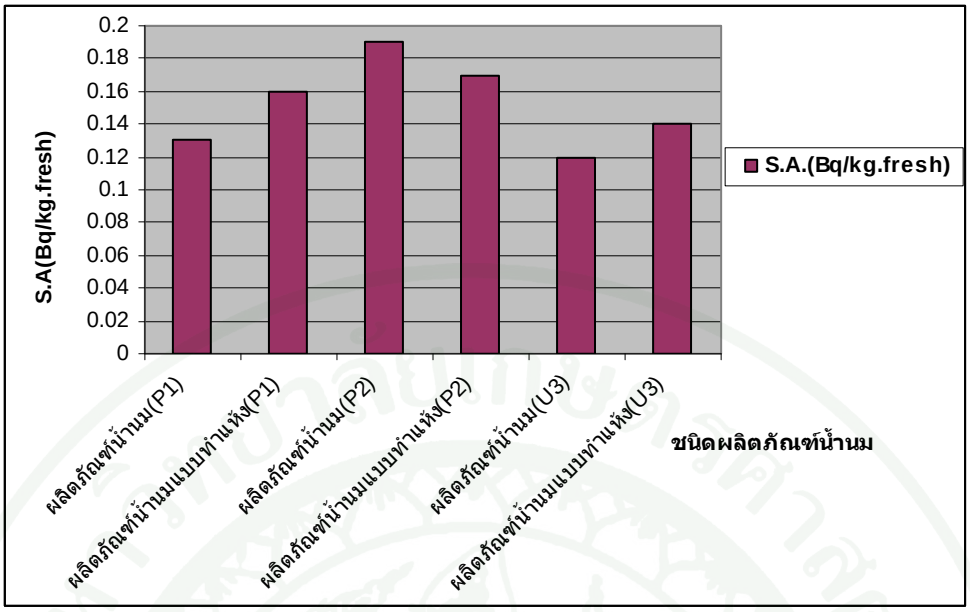
ตารางที่ 7 ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ชนิดพาสเจอไรซ์ (P1 P2) และยูเอชที (U3) ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งโดยใช้เวลาวัด 80,000 วินาที

ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (kg_{fresh})	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})
P1	1	1.01	0.15±0.04
	2	1.01	0.18±0.04
	3	1.00	0.17±0.04
P2	1	1.01	0.17±0.04
	2	0.99	0.14±0.04
	3	0.99	0.21±0.04
U3	1	1.02	0.14±0.04
	2	1.02	0.14±0.04
	3	1.02	0.15±0.04

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137`ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิดพาสเจอไรซ์และยูเอชที แต่ละตัวอย่างจะมีค่าไม่แตกต่างกันกับผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมจากตารางที่ 6 เพราะใช้ปริมาตรตัวอย่าง 1 ลิตรเท่ากัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวแทนของผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดยูเอชที (U3) ไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งโดยไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ U4

จากตารางที่ 6 และ7 นำผลการวัดไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งกับค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 โดยใช้ตัวแทนตัวอย่าง P1 P2 และU3 แสดงดังภาพที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

4. การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

ทำการควบคุมคุณภาพของผลการตรวจวัด ตั้งแต่การเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมจากแหล่งผลิตภายในประเทศ การนับวัดตัวอย่างโดยการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือ และการวิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้หลักสถิติยืนยันความถูกต้องของปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในผลิตภัณฑ์น้ำนม และปัจจัยที่สำคัญทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลคือค่า L_Cและ L_D แสดงผลการควบคุมคุณภาพผลการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 U3 และU4 ดังตารางที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่เวลาวัด 100,000 วินาที (ทำการทดลอง 4 ซ้ำ)

ผลิตภัณฑ์น้ำนม	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})	MDA (Bq/kg_{fresh})	L_C (Bq)
น้ำนม	P1 (1)	0.15±0.07	0.35	0.18
	P1 (2)	0.12±0.07	0.35	0.18
	P1 (3)	0.17±0.08	0.36	0.18
	P1 (4)	0.09±0.07	0.32	0.17
	P2 (1)	0.24±0.07	0.35	0.17
	P2 (2)	0.12±0.07	0.32	0.16
	P2 (3)	0.17±0.07	0.37	0.19
	P2 (4)	0.23±0.08	0.41	0.20
	U3 (1)	0.13 ±0.09	0.42	0.17
	U3 (2)	0.10 ±0.07	0.39	0.20
	U3 (3)	0.12 ±0.07	0.48	0.20
	U3 (4)	0.14 ±0.09	0.40	0.20
	U4 (1)	0.25 ±0.08	0.44	0.18
	U4 (2)	0.11 ±0.07	0.40	0.21
	U4 (3)	0.13 ±0.07	0.40	0.20
	U4 (4)	0.22 ±0.07	0.38	0.19

หมายเหตุ (1) = ตัวอย่างที่ 1, (2) = ตัวอย่างที่ 2 , (3) = ตัวอย่างที่ 3 และ (4) = ตัวอย่างที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง ที่เวลาวัด 80,000 วินาที (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

ผลิตภัณฑ์น้ำนม	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})	MDA (Bq/kg_{fresh})	L_C (Bq)
แบบทำแห้ง	P1 (1)	0.15 ±0.04	0.24	0.12
	P1 (2)	0.18 ±0.04	0.24	0.12
	P1 (3)	0.17 ±0.04	0.26	0.13
	P2 (1)	0.17 ±0.04	0.24	0.12
	P2 (2)	0.14 ±0.04	0.24	0.12
	P2 (3)	0.21 ±0.04	0.24	0.12
	U3 (1)	0.14 ±0.04	0.24	0.12
	U3 (2)	0.14 ±0.04	0.24	0.12
	U3 (3)	0.15 ±0.04	0.24	0.12

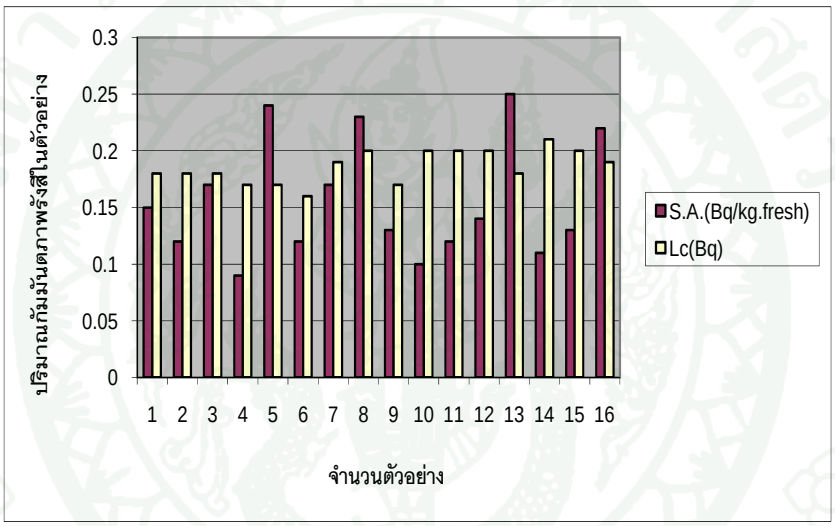
หมายเหตุ (1) = ตัวอย่างที่ 1, (2) = ตัวอย่างที่ 2 , และ (3) = ตัวอย่างที่ 3

จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิดพาสเจอไรซ์และยูเอชทีทุกตัวอย่าง มีค่าเข้าใกล้ค่า MDA และ ค่า MDA ในผลิตภัณฑ์น้ำนมมีค่าระหว่าง 0.32 -0.48 Bq/kg_{fresh} ที่เวลาวัด 100,000 วินาที ซึ่งมีค่าสูงกว่า ค่า MDA ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งมีค่าระหว่าง 0.24 -0.26 Bq/kg_{fresh} ที่เวลาวัด 80,000 วินาที จากตารางที่ 8 ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 เกือบทุกตัวอย่างมีค่าเข้าใกล้ L_C และจากตารางที่ 9 เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร 1 ลิตรเท่ากันไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่า L_C และค่า MDA มีค่าเข้าใกล้ค่า L_Cมากกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม แสดงว่าสามารถตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีจริงในตัวอย่างได้อย่างน่าเชื่อถือ ดังนั้นผลการวัดจากตารางที่ 9ใช้ยืนยันผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมจากตารางที่ 7ได้ เนื่องจากเป็นตัวอย่างชนิดเดียวกัน ดังนั้นผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม มีความน่าเชื่อถือ และนำไปใช้เป็นวิธีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

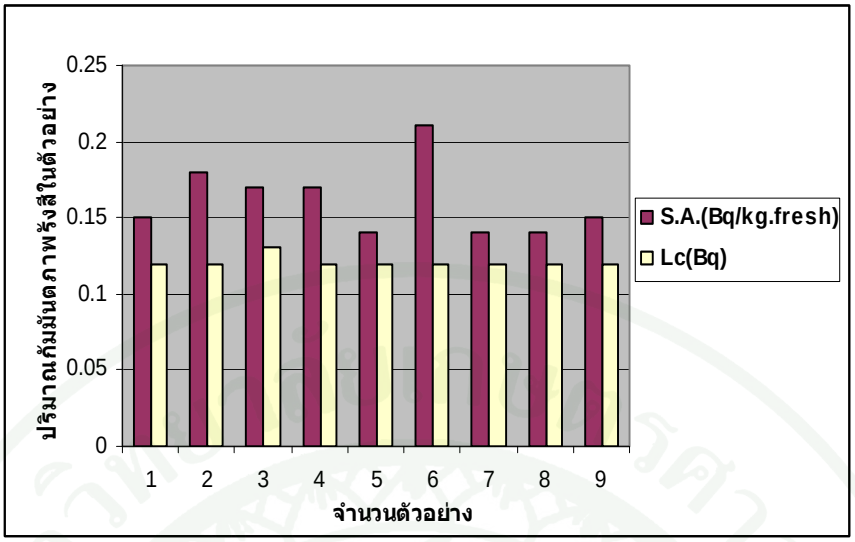
ผลิตภัณฑ์น้ำนมจากแหล่งผลิตในประเทศได้ ถึงแม้ว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและ ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งจะมีปริมาณต่ำ

ผลการวัดจากตารางที่ 8 เมื่อนำไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 กับ ค่าวิกฤตในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P และU จะมีค่าเข้าใกล้ค่าวิกฤต แสดงดังภาพที่ 6 และ ผลการวัดจากตารางที่ 9 นำไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 กับค่าวิกฤตในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P และU มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต แสดงดังภาพที่ 7



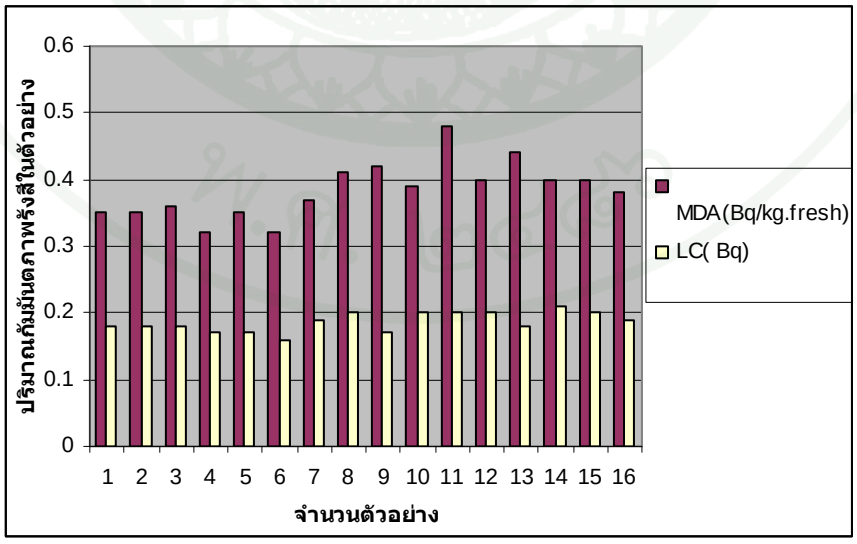
ภาพที่ 6 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 กับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



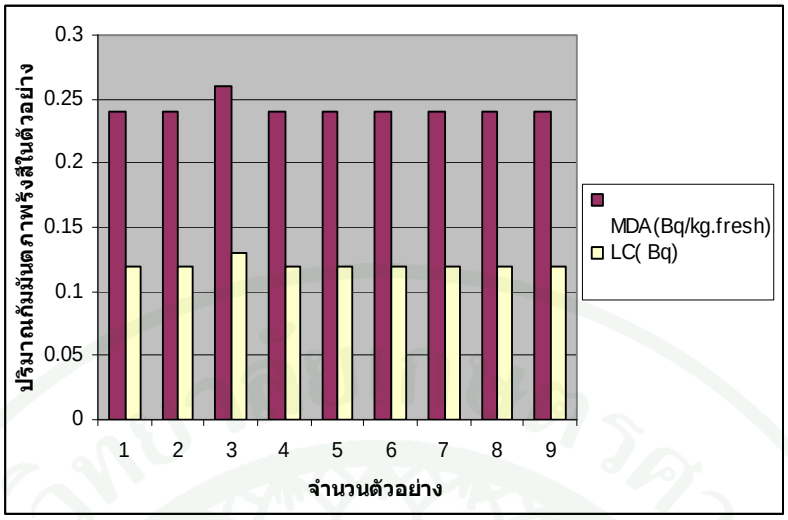
ภาพที่ 7 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 กับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 เมื่อนำผลการวัดไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง (MDA) กับค่าวิกฤต (L_C) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P และU จะมีค่าเข้าใกล้ค่าวิกฤต และค่า MDA ลดลงในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง แสดงดังภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9



ภาพที่ 8 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่างกับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่างกับค่าวิกฤตในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ (P1 P2) และยูเอชที (U3 U4) ปริมาตร 1 ลิตร มาทำการตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรีใช้เวลาวัด 80,000 วินาที และ 100,000 วินาที นำค่านับวัดจากเครื่อง หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณค่า L_c ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบค่า L_c ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม แสดงผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่า L_C กับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P, U ที่เวลาวัด 80,000 วินาที และ 100,000 วินาที

ชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนม	เวลาวัด (sec)	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})	MDA (Bq/kg_{fresh})	L_C (Bq)
P1	80,000	0.15±0.09	0.46	0.23
P2	80,000	0.14±0.09	0.44	0.22
U3	100,000	0.10±0.08	0.41	0.21
U4	100,000	0.24±0.09	0.50	0.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 10 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่เวลาวัดตัวอย่าง 80,000 วินาที และ 100,000 วินาที มีค่าเข้าใกล้ค่าวิกฤตสำหรับค่า L_C และ MDA ที่เวลา 80,000 วินาที มีค่าใกล้เคียงกับเวลา 100,000 วินาที ดังนั้นเวลาที่ใช้ตรวจวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมสามารถใช้เวลาวัดที่ 80,000 วินาทีได้ ซึ่งเป็นเวลาใกล้เคียง 100,000 วินาที แต่งานวิจัยใช้เวลาวัด 100,000 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำนม เพื่อให้ผลการวัดมีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรซ์ ปริมาตร 5 ลิตรไปผ่านวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยได้น้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งเท่ากับ 479 กรัม มาจากปริมาตรผลิตภัณฑ์น้ำนมหนักเท่ากับ 5,287 กรัม ตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวว่าน้ำหนักนมแห้งเฉลี่ย 1 กิโลกรัมเตรียมมาจากน้ำนมสดไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผงโดยใช้ปริมาตร 8.5 ลิตร (Melquiades and Appoloni, 2004) จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งหนัก 96 กรัมต่อตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 จำนวน 3 ตัวอย่าง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) โดยบรรจุตัวอย่างลงภาชนะกระบอกพลาสติก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ความสูง 5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมแห้งเพื่อคำนวณย้อนกลับไปหาน้ำหนักผลิตภัณฑ์นมสด นำไปตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่าง ด้วยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรีชนิด HPGe ใช้เวลาวัด 80,000 วินาที นำค่านับวัดจากเครื่องหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า L_c ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบค่า L_c ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง แสดงผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่า L_C กับปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P จากปริมาตร 5 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งที่เวลาวัดตัวอย่าง 80,000 วินาที

ชนิดผลิตภัณฑ์น้ำนม	เวลาวัด (sec)	ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/kg_{fresh})	MDA (Bq/kg_{fresh})	L_C (Bq)
P(1)	80,000	0.16±0.04	0.24	0.12
P(2)	80,000	0.08±0.04	0.16	0.08
P(3)	80,000	0.10±0.04	0.17	0.08

หมายเหตุ (1) = ตัวอย่างที่ 1, (2) = ตัวอย่างที่ 2 , (3) = ตัวอย่างที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 11 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่เวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิดพาสเจอไรส์ 80,000 วินาที จากการเตรียมตัวอย่างโดยเพิ่มปริมาตรผลิตภัณฑ์น้ำนมจาก 1 ลิตรเป็น 5 ลิตร เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งจากปริมาตร 1 ลิตรต่อตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งตัวอย่างที่ 1 จะมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 สูงกว่าL_C มีค่าเท่ากับ 0.16±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.12 Bq ตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 เท่ากับ L_C มีค่าเท่ากับ 0.08±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.08 Bq และตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ Cs-137 สูงกว่า L_C มีค่าเท่ากับ 0.10±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.08 Bq ดังนั้นผลการวัดจากตารางที่ 11 สามารถใช้ยืนยันความถูกต้องของผลการวัดได้ เมื่อเตรียมตัวอย่าง ปริมาตร 1 ลิตร และ 5 ลิตร แล้วนำไปวัดรังสีแกมมา พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม -137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมปริมาตร 1 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งจะมีผลการวัดไม่แตกต่างกัน และปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่าหรือเข้าใกล้ค่าวิกฤต จากกระบวนการทำแห้งเป็นการเพิ่มความเข้มข้นกัมมันตภาพในตัวอย่างพิจารณาได้จากค่า L_C ที่ลดลง นำมายืนยันผลการวัดและการเพิ่มเวลาวัดนานขึ้นจะทำให้ค่า MDA ลดลง ดังนั้นค่า MDA ขึ้นอยู่กับวิธีการทำแห้ง และเวลาในการวัด แสดงผลการวัดดังตารางที่ 10 พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดพาสเจอไรส์ที่เวลาวัด 80,000 วินาทีมีค่า L_C และ MDA สูงกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งที่เวลาวัดเท่ากัน แสดงผลการวัดดังตารางที่ 9 และตารางที่ 11

ดังนั้นผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการตรวจวัดผลิตภัณฑ์น้ำนมจากแหล่งผลิตในประเทศได้ ถึงแม้ว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนม แบบทำแห้ง จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่น้อยสุดในตัวอย่าง แต่สามารถใช้ค่าวิกฤต มายืนยันความถูกต้องในผลิตภัณฑ์น้ำนม และสามารถใช้เงื่อนไขการวัดที่ดำเนินการศึกษาครั้งนี้ ไปใช้เป็นวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. การวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดละ 4 ตัวอย่าง ((P1 P2 U3 และU4) ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิดละ 3 ตัวอย่าง (P1 P2 และ U3) ใช้จำนวนตัวอย่างวิเคราะห์ไม่เท่ากัน ซึ่งได้เลือกตัวแทนของผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด U3 ไปผ่านวิธีการทำแห้งโดยไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ U4

2. การหาเวลาที่เหมาะสม สำหรับนำไปวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม เมื่อนำค่านับวัดที่เวลาตั้งแต่ 5,000 วินาที -100,000 วินาที ไปคำนวณค่า MDA พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาวัดนานขึ้นค่า MDA เริ่มลดลงเกือบคงที่ จึงเลือกใช้เวลาวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่เวลา 100,000 วินาที สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง จะเลือกใช้เวลาที่เหมาะสมและเลือกไปวัดตัวอย่างได้ 80,000 วินาที ดังนั้นจึงเลือกใช้เวลาวัดเพียง 80,000 วินาทีในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มเวลาวัดและทำการตรวจวัดจำนวนตัวอย่างได้มากขึ้น

3. การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำนมจากการนำไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผงสำหรับงานศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมตัวอย่างที่มีคุณภาพ และผลิตภัณฑ์สูง แต่ต้นทุนการผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบทำแห้งโดยอื่น ๆ เช่น วิธีระเหย (drying) ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ (IAEA, 1989) ดังนั้นการเลือกวิธีเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง สามารถใช้วิธีอื่นมาทำการวิเคราะห์ได้ แต่น้ำหนักผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างแต่ละวิธีไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนม และวิธีการเตรียมตัวอย่างที่แตกต่างกัน สำหรับการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยจะได้น้ำหนักตัวอย่างแห้งใกล้เคียงกับงานวิจัยจากต่างประเทศ (ตรวจเอกสาร)

4. ผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือจะต้องมีการควบคุมคุณภาพการวัดในขั้นตอนต่างๆ เช่น การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างรวมทั้งคุณภาพของขั้นตอนการตรวจวัด ประกอบด้วย การปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือ, การวิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้หลักสถิติยืนยันผลการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 U3 และ U4 ชนิดละ 4 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าท่ากับ 0.15±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, 0.12±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, 0.17±0.08 Bq/kg $_{fresh}$ และ 0.09± 0.07 Bq/kg $_{fresh}$ ผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P2 มีค่าเท่ากับ 0.24±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, 0.12±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, 0.17±0.07 Bq/kg $_{fresh}$ และ0.23 ±0.08 Bq/kg $_{fresh}$ ผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิดU3 มีค่าเท่ากับ 0.13±0.09 Bq/kg $_{fresh}$, 0.10±0.07Bq/kg $_{fresh}$, 0.12±0.07 Bq/kg $_{fresh}$ และ0.14 ±0.09 Bq/kg $_{fresh}$ ผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด U4 มีค่าเท่ากับ 0.25±0.08 Bq/kg $_{fresh}$, 0.11±0.07 Bq/kg $_{fresh}$, 0.13±0.074 Bq/kg $_{fresh}$ และ0.22±0.07 Bq/kg $_{fresh}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมทั้ง 4 ชนิด มีค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแต่ละตัวอย่างไม่เท่ากัน เพราะแต่ละตัวอย่างมาจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมที่แตกต่างกัน แต่งานวิจัยนี้ได้ทำการหาค่าวิกฤต (L_C) มายืนยันผลการวิเคราะห์จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำนมไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง จะได้ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สูงกว่าค่าวิกฤต ทำให้ผลการวัดผลิตภัณฑ์น้ำนมมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นสำหรับปริมาณซีเซียม-137 ที่ตรวจวัดได้มาจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตมาแล้ว

2. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวัดจากวิธีการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม ปริมาตร 1 ลิตร เท่ากัน นำไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง ผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และU3 ชนิดละ 3 ตัวอย่าง พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 มีค่าเท่ากับ 0.15±0.04 Bq/kg $_{fresh}$, 0.18±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ และ0.17±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ ชนิด P2 มีค่าเท่ากับ 0.17±0.04 Bq/kg $_{fresh}$, 0.14±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ และ0.21±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ ชนิด U3 มีค่าเท่ากับ 0.14±0.04 Bq/kg $_{fresh}$, 0.14±0.04 Bbq/kg $_{fresh}$ และ0.15±0.04 Bq/kg $_{fresh}$ จากการหาค่าวิกฤต พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งมีค่าสูงกว่า L_C แต่ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมจะมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผลการวัดผลิตภัณฑ์น้ำนม มีความน่าเชื่อถือสามารถทำการตรวจวัดตัวอย่างสดได้โดยไม่ต้องผ่านวิธีการแบบทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมจากการหาค่า MDA ที่ลดลงเกือบคงที่จะมีค่า MDA สูงกว่าผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง จากผลการวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง เมื่อนำค่านับวัดจากเครื่องวัดไปคำนวณค่า MDA พบว่ามีค่าต่ำกว่า MDAในผลิตภัณฑ์น้ำนม

4. ผลการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกับ L_C ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องแม่นยำของผลการวัด จะต้องควบคุมคุณภาพผลการวัดและวิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้หลักสถิติมายืนยันผลการวิเคราะห์ สามารถใช้เงื่อนไขการวัดที่ดำเนินการศึกษาครั้งนี้ไปใช้เป็นวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมของประเทศไทย

5. วิธีการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งเป็นการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่จริงในตัวอย่าง จากการศึกษาวิจัยนี้เพื่อต้องการหาค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีในตัวอย่างด้วยการควบคุมคุณภาพผลการวัดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ข้อเสนอแนะ

1. การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมที่มีปริมาณต่ำมาก เพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือจะต้องควบคุมคุณภาพขั้นตอนการวัดเพื่อความถูกต้องและความแม่นยำของผลการวัด และนำไปใช้เป็นวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนมได้ ส่วนใหญ่ผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างหรือตัวอย่างสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นๆ มีค่าต่ำกว่า MDA ดังนั้นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะต้องใช้เพิ่มเวลาวัดตัวอย่าง การหาระยะเวลาที่เหมาะสม และวิธีการเตรียมตัวอย่างแบบทำแห้ง โดยนำค่าสถิติ (L_C) มายืนยันความถูกต้องของผลการวัด และการหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการวัด ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจริง เพื่อลดเวลาในการวัดรังสี

2. โดยทั่วไปการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มีปริมาณต่ำด้วยระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี เป็นวิธีที่ สะดวกในการเตรียมตัวอย่างแต่การวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณต่ำได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยได้ทำการควบคุมคุณภาพผลการวัด และการวิเคราะห์ผลโดยหลักสถิติจะทำให้การวิเคราะห์ผลโดยวิธีนี้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น สามารถนำวิธีการวิเคราะห์ และหลักการยืนยันผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ไปใช้กับการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมของห้องปฏิบัติการตรวจวัดรังสีในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมได้

3. ส่วนใหญ่ผลงานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยมักจะรายงานผลการวัดเฉพาะค่าปริมาณซีเซียม-137 ที่มีปริมาณต่ำในตัวอย่าง แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่มีการยืนยันผลการวัดโดยการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อให้ผลการวัดนั้นมีความน่าเชื่อถือ สำหรับงานวิจัยนี้ได้หาค่าวิกฤตของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมเพื่อมาใช้ยืนยันความถูกต้องของผลการวัดได้ ดังนั้นประโยชน์จากงานวิจัยนี้สามารถนำวิธีวิเคราะห์จากการควบคุมคุณภาพการวัดไปตรวจวัดตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณต่ำได้อย่างถูกต้อง และเป็นการพัฒนาวิธีการตรวจวัดของห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2529. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข **เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี.** กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ

กุสุมา โพธิพิณย์. 2525. **การศึกษาเบื้องต้นถึงทางผ่านของ Cs-137 ในสิ่งแวดล้อมโดยรอบสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จีระนันท์ จิณเสน. 2547. **การศึกษาปริมาณกัมมันตภาพของ Cs-137 ในนมผงดัดแปลง ด้วยระบบแกมมาสเปกโตรสโคปี.** รายงานการวิจัยตามรายวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

บูลัน เตาะโต. 2546. **การตรวจหานิวไคลด์กัมมันตรังสีในอาหารสดด้วยหัววัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูงเพื่อการประเมินปริมาณรังสีที่ประชากรไทยได้รับจากการบริโภคประจำวัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประไพศรี ศรีจักรวาล. 2542. **สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.** สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

พรศรี พลพงษ์. 2530. ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างนมสด. **รายงานประจำปี**. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

วลัยพร พิริยะพันธ์. 2541. **โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาหนังสือและโฮมเพจ ชุดพัฒนาสังคมตามแนวพระราชดำริ** เรื่องอุตสาหกรรมแปรรูปขนาดกลางและย่อม, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุชิน อุดมสมพร และวุฒิเดช ธรฤทธิ์. 2550. **การหาค่าเวลานับวัดที่เหมาะสมสำหรับการวัดซีเซียม-137 ในตัวอย่างนมผง และข้าวนึ่งด้วยวิธีแกมมาสเปคโตรเมตรี.** การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่10, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. 2547. **ศัพทานุกรมนิวเคลียร์.** สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, กรุงเทพฯ.

Ciallella, H.E., J.A., Eernandez, R.M., Gavini, E.C.,Lewis and E.E. Quintana. 1978. Envireonmental Radiological Surreillance Around Nuclear Power plants in Argentina . **Autoridad Regulatoria Nuclear AV**. Del Libertador 8250-Buenos Aires- Argentina.

Davis,JJ.1963. Cesium and its relationship to potassium in ecology.Radiology. **Reinhold Publ.Crop.** New York

Environmental Measuerments Laboratory U.S. Department of Energy, 1997.

Glimore, G. and J.D. Hemingway. 2004**. Practical Gamma-Ray Spectrometry.** John Wiley& Sons. Chichester.

IAEA. 1989. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. **Technical Report No. 295.** Vienna, 1989.

ICRP. 1985. Developing Unified Index of Harm . **ICRP Publication 45**. Ann.ICRP 15(3),1985.

Isle of Man Government Laboratory. 2003. **Radioactivity Monitoring on the Isle of Man.** Reports: 1989 – 2001.

Melquiades, F.L. and C.R. Appoloni. 2004. Natural radiation levels in powdered milk samples. **Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas** 24: 501- 504.

Mishra, U.C., B.Y. Lalit and T.V. Ramachandran. 1976. Cesium-137 and Patassium in whole Milk supply of Bornbay City. **USAEC report** No. HASL-306.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ritchie, J.C. and J.R. Mchenry.1990. Application of Radiation of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediments Accumulation Rates and Patterns**. Journal of Environmental quality**.

Semkow,T.M.,Parekh,P.P.,Schwenker,C.D.,Khan,A.J.,Bari.,A.,Colaresi,J.F.,Tench,O.K.,David,G and W.Guryn.2002. Low–background gamma spectrometry for Environmental Radioactivity. **Applied Radiation and isotopes** 57: 213 -223.

Shinohara, K. 2004. Assessment of radiological effects on the regional environment due to the operation of the Tokai Reprocessing Plant. **Journal of Environmental Radioactivity** 72: 299 - 322.

Shiraishi,K.,T.Ban-nai.,Y.Muramatsu and M.Yamamoto.1999. Comparison of stable cesium and radiocesium on dietary intakes by Japanese Subjects using 18 food Categories. **Journal of Radioanalytical and nuclear chemistry**. 687-692.

Tauhata, L. *et al*. 2006. The influence of uncertainties of measurements in laboratory performance evaluation using an intercomparison program of radionuclide assays in environmental samples. **Applied Radiation and Isotopes** 64: 1174 - 1178.

Tsukada, H.2002. Transfer of ^{137}Cs and stable Cs from paddy soil to polisehed rice in Aomori, Japan**. Journal of Environmental Radioactivity 59**. 531- 363.

_____. 2003. Transfer of Cs-137 and stable Cs in soil-grass-milk pathway in Aomori .Japan. **Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry** : 455-458.

UNSCEAR. 2000. **Source and Effects of Ionizing Radiation Report.** B, p.94.

United Nations Environment Programme. 1991. Radiation doses, effects, **risk.Cambridge Massachusetts** 89 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Vagas, J.M. and A.L. Guerra. 2006. Application of penelope code to the efficiency Calibration of coaxial germanium detector. **Applied Radiation and Isotope** 64 : 1319 –1322.

Yu, K.N., and SY. MAO. 1994. Application of high Resolution Gamma Ray Spectrometry Measuring Radioactivity in drinks in Hong Kong. **Application Radiation Isotope** 10: 1031-1034.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

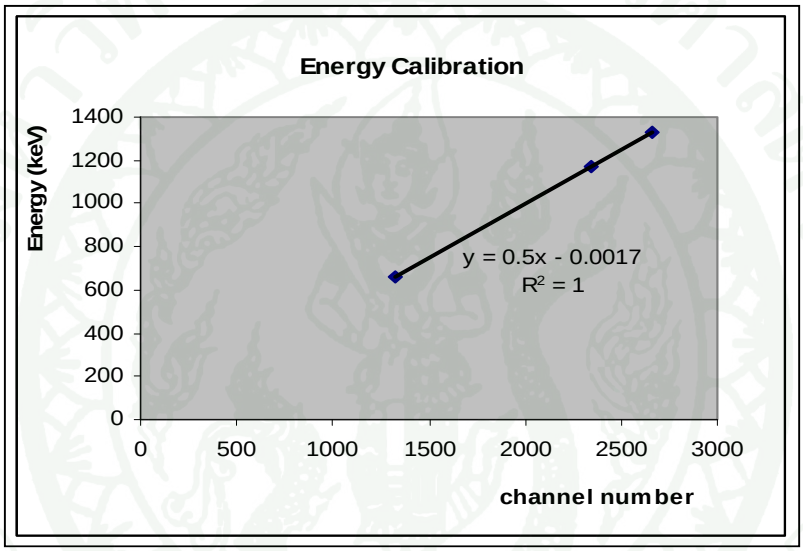
ภาคผนวก ก

การปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือสำหรับวัดรังสีแกมมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 การเทียบพลังงานของหัววัดรังสีแกมมา

Source (point source)	Energy (keV)	Channel number (channel)
Cs-137	661. 66	1321
Co-60	1173.25	2346
Co-60	1332.50	2665

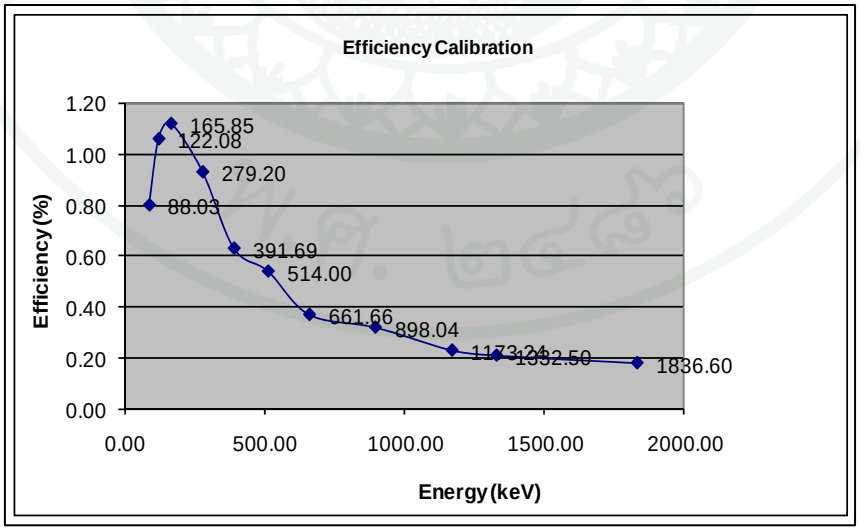


ภาพผนวกที่ ก1 กราฟเทียบพลังงานของระบบแกมมาสเปกโตรเมตรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 การปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแกมมาโดยใช้สารรังสีมาตรฐาน MP 545

Nuclide	Half-life ($T_{1/2}$)	Energy (keV)	Eff (%)
Cd-109	1.195	88.03	0.80
Co-57	0.074	122.06	1.06
Co-57	0.074	165.85	1.12
Hg-203	0.127	279.20	0.93
Sn-113	0.315	391.69	0.63
Sr-85	0.178	514.01	0.54
Cs-137	30.2	661.66	0.37
Y-88	0.315	898.04	0.32
Co-60	5.277	1173.25	0.23
Co-60	5.277	1332.50	0.21
Y-88	0.292	1836.60	0.18
Y-88	0.292	1836.06	0.992



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิด HPGe ด้วยสารรังสีมาตรฐาน MP 545

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การปรับเทียบประสิทธิภาพการวัด Cs-137 จากสารรังสีมาตรฐาน MP 545 และ IAEA-152

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของสารรังสีมาตรฐาน MP 545

มีลักษณะเป็นซิลิกาเจล กึ่งของแข็ง/ของเหลวที่บรรจุลงในภาชนะ Marinelli beaker ความจุขนาด 1 ลิตร จะประกอบด้วยนิวไคลด์ที่มีครึ่งชีวิตยาว เช่น ซีเซียม-137 มีค่ากัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น เท่ากับ 3.03 $x10^3$ เบ็กเคอเรล (Bq) เป็นสารมาตรฐานกัมมันตรังสี จากบริษัท Isotex ซึ่งได้รับการสอบเทียบมาตรฐานจาก Deutscher kalibrierdinstDKD,PTB (รหัส DKD-K-06501) สามารถจะนำไปหาค่าประสิทธิภาพของหัววัด เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง สถานะของแข็งและของเหลว ซึ่งมีระดับรังสีในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมต่ำ (Lavi, 2004) การปรับเทียบประสิทธิภาพของการวัด (detection efficiency) จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หรือปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่าง แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยตรง กับการปรับเทียบประสิทธิภาพของการวัด คือ รูปทรงทางเรขาคณิตสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับ ปริมาณ และ ชนิดตัวอย่างเพื่อเพิ่มความไว (sensitivity) ในการวิเคราะห์และการปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัด จะต้องเลือกไอโซโทปรังสีที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ แสดงดังภาพผนวกที่ ข1

ภาพผนวกที่ ข1 สารรังสีมาตรฐานนิวไคลด์กัมมันตรังสี MP 545

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของสารรังสีมาตรฐานนมผง IAEA -152

ใช้เป็นสารรังสีอ้างอิงมาตรฐานเพื่อใช้หาประสิทธิภาพของหัววัด เหมาะสำหรับวัดตัวอย่างที่มีองค์ประกอบของเนื้อสาร (เมตริกซ์) เหมือนกับสารรังสีอ้างอิงมาตรฐาน มีลักษณะเป็นของแข็ง/ผงละเอียด ตัวอย่างถูกบรรจุลงในภาชนะกระบอกพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ความสูง 5 เซนติเมตร สารรังสีอ้างอิงมาตรฐาน Powder Milk IAEA-152 มีน้ำหนักตัวอย่าง 160 กรัม ผลิตเมื่อ 31 สิงหาคม 1987 มีความแรงรังสีเริ่มต้นเท่ากับ 2129 Bq/kg ประกอบด้วยสารรังสีมาตรฐานรวมจำนวน 4 ชนิด เช่น K-40, Sr-90, Cs-134 และ Cs-137 มีความแรงรังสีเท่ากับ 539 Bq/kg, 7.7 Bq/kg , 764 Bq/kg และ 2129 Bq/kg ตามลำดับ

ภาพผนวกที่ ข2 สารรังสีอ้างอิงมาตรฐาน IAEA-152

วิธีคำนวณหาความแรงรังสีของสารรังสีมาตรฐานสำหรับปรับเทียบประสิทธิภาพของหัววัด คำนวณหาความแรงรังสีของสารรังสีมาตรฐาน ณ ปัจจุบันเพื่อใช้หาประสิทธิภาพของหัววัด

จากสมการคำนวณ $A = A_0 . e^{-\lambda t}$ (15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ

A = ค่าการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีในปัจจุบัน

A_0 = กัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น

$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$ (สำหรับ Cs-137 มีค่า $T_{1/2}$ เท่ากับ 30.2 ปี)

$T_{1/2}$ = ครึ่งชีวิตของนิวไคลด์กัมมันตรังสี

t = เวลาที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวอย่างต่อเนื่องจากเวลาในตอนเริ่มต้นจนถึงเวลาปัจจุบัน (หน่วย วินาที)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำค่าประสิทธิภาพของหัววัดชนิด HPGe จากงานวิจัยของจีระนันท์ (2547) ได้หาประสิทธิภาพของหัววัดชนิด HPGe สำหรับนิวไคลด์กัมมันตรังสี Cs-137 ด้วยสารรังสีมาตรฐาน Powder Milk IAEA-152 เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2004 เพื่อหาความแรงรังสี ณ. เวลาปัจจุบัน จากสมการ (15)

เมื่อ

A_0 = ความแรงรังสีของสารมาตรฐาน ณ. เวลาเริ่มต้น

A = ความแรงรังสีของสารมาตรฐาน ณ. เวลาปัจจุบัน

แทนค่าลงในสมการ (14)

จาก $A = A_0 . e^{-\lambda t}$

$= 2129 . e^{-0.693/ 30.17 (16.667)}$

$= 2129 x e^{-0.383}$

$= 2129 x 0.682$

$= 1451.98$ Bq/kg

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นความแรงรังสี ณ. ปัจจุบันเท่ากับ 1451.98 Bq/kg การหาค่านับวัดรวม จากการหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดมีค่าเท่ากับ 55952 counts ค่าวัดแบกกราวนด์ 1285 counts ใช้เวลาวัดนาน 30,000 วินาที

ค่านับวัดสุทธิ = ค่านับวัดรวม - ค่านับแบกกราวนด์

= 55952 counts - 1285 counts

= 54667 counts

อัตราการนับวัดสุทธิ $= \frac{\text{ค่านับวัดสุทธิ}}{\text{เวลา}}$ counts.sec^{-1}

$= \frac{54,667}{30,000}$

= 1.82 counts.sec^{-1}

การหาประสิทธิภาพของหัววัด

Eff = cps/dps

$= \frac{1.82 \text{ cps}}{1451.98 \text{ Bq/kg} \times 0.160 \text{ kg}}$

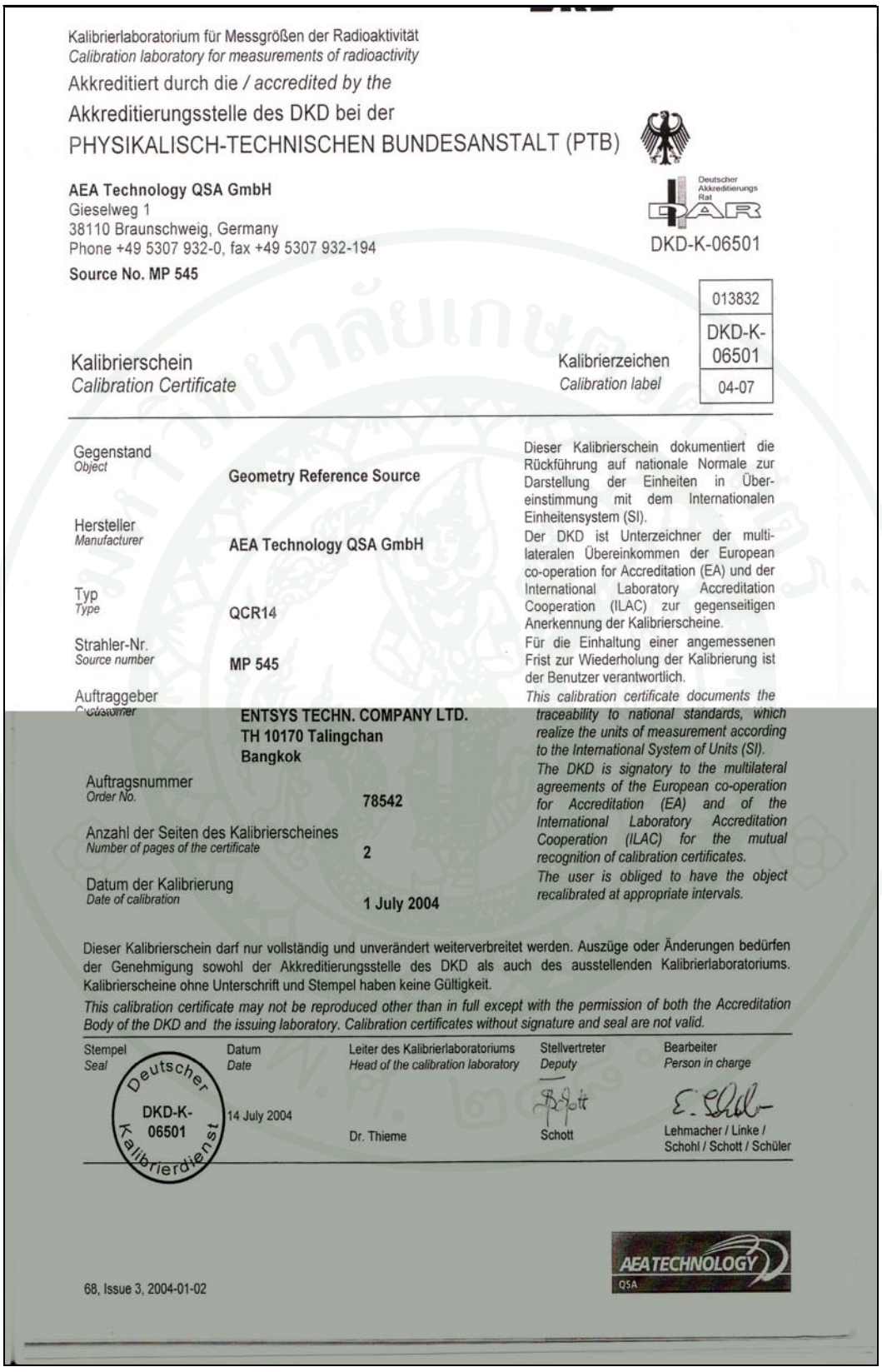
= 0.0078

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Kalibrierlaboratorium für Messgrößen der Radioaktivität
Calibration laboratory for measurements of radioactivity
Akkreditiert durch die / *accredited by the*
Akkreditierungsstelle des DKD bei der
PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB)

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DKD-K-06501

AEA Technology QSA GmbH
Gieselweg 1
38110 Braunschweig, Germany
Phone +49 5307 932-0, fax +49 5307 932-194

Source No. MP 545

013832
DKD-K-06501
04-07

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration label

Gegenstand
Object: **Geometry Reference Source**

Hersteller
Manufacturer: **AEA Technology QSA GmbH**

Typ
Type: **QCR14**

Strahler-Nr.
Source number: **MP 545**

Auftraggeber
Customer: **ENTSYS TECHN. COMPANY LTD.**
TH 10170 Talingchan
Bangkok

Auftragsnummer
Order No.: **78542**

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines
Number of pages of the certificate: **2**

Datum der Kalibrierung
Date of calibration: **1 July 2004**

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

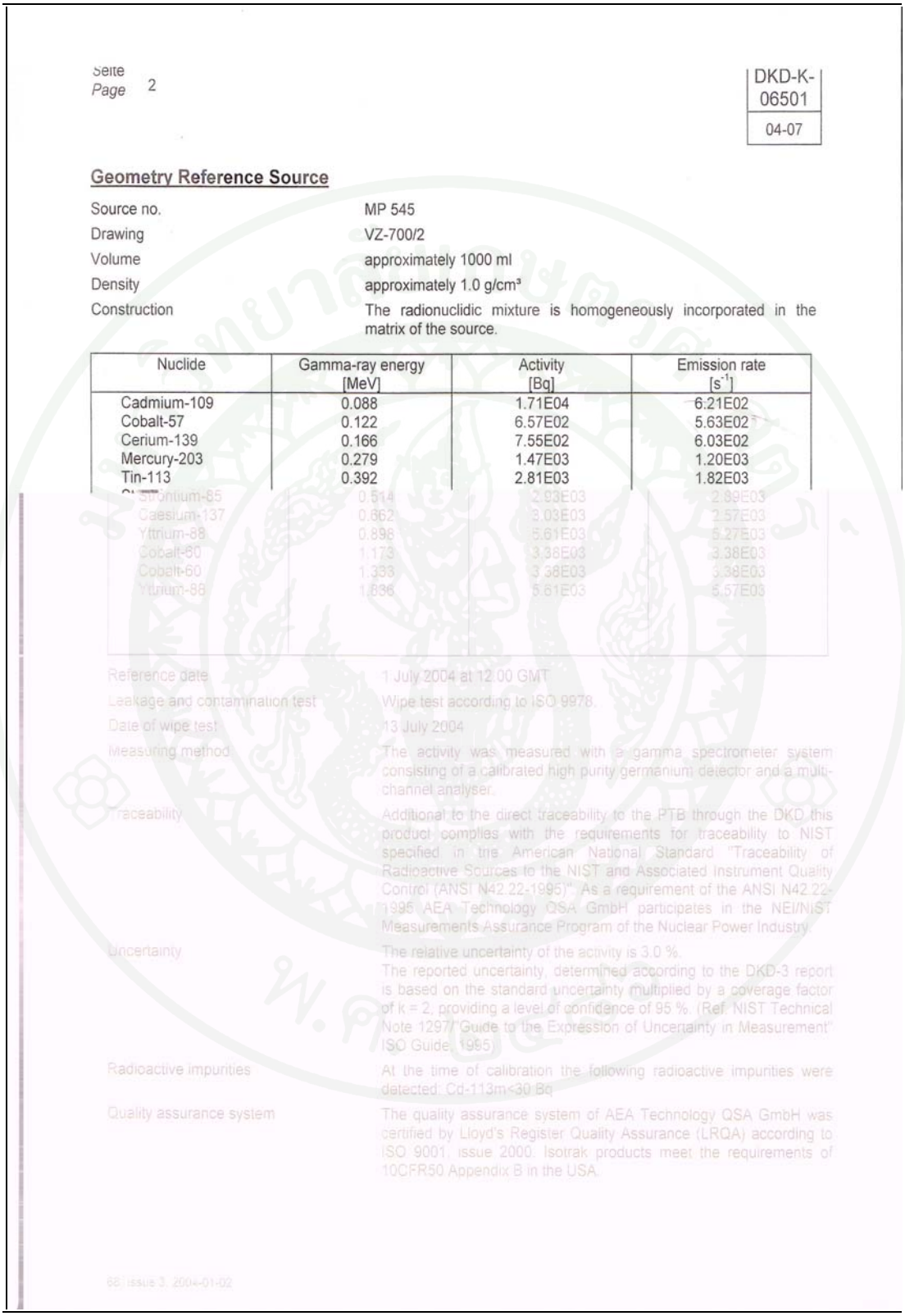
Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Stellvertreter *Deputy*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K-06501	14 July 2004	Dr. Thieme	Schott	Lehmacher / Linke / Schohl / Schott / Schüler

68, Issue 3, 2004-01-02

AEA TECHNOLOGY QSA

ภาพผนวกที่ ค1 ใบรับรองการสอบเทียบมาตรฐานนิวไคลด์กัมมันตรังสี MP 545

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Seite
Page 2

DKD-K-06501
04-07

Geometry Reference Source

Source no.	MP 545
Drawing	VZ-700/2
Volume	approximately 1000 ml
Density	approximately 1.0 g/cm³
Construction	The radionuclidic mixture is homogeneously incorporated in the matrix of the source.

Nuclide	Gamma-ray energy [MeV]	Activity [Bq]	Emission rate [s^{-1}]
Cadmium-109	0.088	1.71E04	6.21E02
Cobalt-57	0.122	6.57E02	5.63E02
Cerium-139	0.166	7.55E02	6.03E02
Mercury-203	0.279	1.47E03	1.20E03
Tin-113	0.392	2.81E03	1.82E03
Strontium-85	0.514	2.93E03	2.89E03
Caesium-137	0.662	3.03E03	2.57E03
Yttrium-88	0.898	5.61E03	5.27E03
Cobalt-60	1.173	3.38E03	3.38E03
Cobalt-60	1.333	3.38E03	3.38E03
Yttrium-88	1.836	5.61E03	5.57E03

Reference date	1 July 2004 at 12:00 GMT
Leakage and contamination test	Wipe test according to ISO 9978.
Date of wipe test	13 July 2004
Measuring method	The activity was measured with a gamma spectrometer system consisting of a calibrated high purity germanium detector and a multi-channel analyser.
Traceability	Additional to the direct traceability to the PTB through the DKD this product complies with the requirements for traceability to NIST specified in the American National Standard "Traceability of Radioactive Sources to the NIST and Associated Instrument Quality Control (ANSI N42.22-1995)". As a requirement of the ANSI N42.22-1995 AEA Technology QSA GmbH participates in the NEI/NIST Measurements Assurance Program of the Nuclear Power Industry.
Uncertainty	The relative uncertainty of the activity is 3.0 %. The reported uncertainty, determined according to the DKD-3 report is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor of k = 2, providing a level of confidence of 95 %. (Ref. NIST Technical Note 1297 "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" ISO Guide, 1995)
Radioactive impurities	At the time of calibration the following radioactive impurities were detected: Cd-113m<30 Bq
Quality assurance system	The quality assurance system of AEA Technology QSA GmbH was certified by Lloyd's Register Quality Assurance (LRQA) according to ISO 9001, issue 2000. Isotrak products meet the requirements of 10CFR50 Appendix B in the USA.

68, issue 3, 2004-01-02

ภาพผนวกที่ ค1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

International Atomic Energy Agency
Analytical Quality Control Services
Wagramer Strasse 5, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

REFERENCE SHEET

REFERENCE MATERIAL

IAEA-152

RADIONUCLIDES IN MILK POWDER

Date of issue: January 2000⊕

Recommended Values
(Based on dry weight)

Reference Date for decay correction: 31st August 1987

Element	Recommended Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
^{40}K	539	510 – 574	28
^{90}Sr	7.7	7.0 – 8.3	16
^{134}Cs	764	722 – 802	34
^{137}Cs	2129	2053 – 2209	35

* *Number of accepted laboratory means which were used to calculate the recommended values and confidence intervals.*

⊕ *Revision of the original reference sheet dated November 1988*

The values listed above were established on the basis of statistically valid results submitted by laboratories which had participated in an international intercomparison exercise organized during 1987. The details concerning the criteria for qualification as a recommended value can be found in the report (IAEA/AL/009) "Report on the Intercomparison Run IAEA-152: Radionuclides in Milk Powder" [1]. This report is available free of charge upon request.

ภาพผนวกที่ ค2 ใบรับรองการสอบเทียบสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA-152

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Intended Use

This sample is intended to be used as a reference material for the measurement of radionuclides in milk powder. It can also be used as a quality control material for the assessment of a laboratory's analytical work, for the validation of analytical methods and for quality assurance within a laboratory.

Origin and preparation of the material

The milk powder was donated to the IAEA by a milk processing facility in the former USSR. The material was produced from cow's milk obtained from animals that had grazed on land contaminated with radioactive fallout resulting from the Chernobyl incident in 1986.

A bulk sample of approximately 500 kg (in 25 kg sacks) of milk powder prepared in a single batch was received by the Agency's Laboratories at Seibersdorf. After a preliminary homogeneity test, the material was bottled into plastic bottles in 250 g units without any further processing. Subsequently, the samples were irradiated to a dose of 2.5×10^4 Gy using a ^{60}Co source to ensure long-term stability of the material by inhibiting microbial action.

Homogeneity

The homogeneity of the bottled material was assessed by measuring the ^{134}Cs and ^{137}Cs activities in twelve bottles, chosen at random, using gamma spectrometry. On the basis of the results the contribution due the heterogeneity of the material was less than 3% and therefore the milk powder could be considered to be homogeneous for a sample size 250 g.

Dry weight determination

All recommended values are expressed on a dry weight basis. Therefore the dry weight must be determined at the time of analysis, using separate sub-samples of at least 500 mg dried to constant weight in a drying oven set to 105 °C. Subsequent weighings should differ by less than 5 mg.

Instructions for use

The recommended sample size for analysis is 250 g. Analysts are reminded to take appropriate precautions in order to avoid contamination of the material during handling. No special precautions are required for the storage of this material.

Legal disclaimer

The IAEA makes no warranties, expressed or implied, with respect to the data contained in this reference sheet and shall not be liable for any damage that may result from the use of such data.

References

[1] Cooper E. L., LaBrecque J. J., Dekner R., Reichel F. and Schelenz R., Report on the Intercomparison run IAEA-152: Radionuclides in Milk Powder. IAEA/AL/009, IAEA, Vienna, Austria 1988.

ภาพผนวกที่ ค2 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทคนิคการเตรียมตัวอย่าง

หลักการทำงาน

อากาศจะถูกดูดผ่านฟิลเตอร์ และผ่านตัวให้ความร้อนพ่นผ่านหัวฉีดเป็นฝอยเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) จากนั้นสารละลายของเหลวจะถูกดูดผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอย

ภายในห้องอบ และจุดสัมผัสอากาศร้อนทำให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็ว จะได้ผงผลิตภัณฑ์ตกลง สู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง และผงบางส่วนที่หลุดออกมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ไซโคลน จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในกระบวนการอบแห้ง ด้วย spray dryer

ขั้นตอนการทำงาน แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ

1. การทำให้ feed กระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed)

2. การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศจาก Atomizer กับ อากาศแห้ง

3. การระเหยของละอองฝอย

4. การแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ

วิธีเตรียมตัวอย่าง

1. เปิดเครื่องปั๊มลม และ เครื่อง spray dryer (Buchi –190)

2. ประกอบเครื่องมือ โดยหมุนปุ่มปรับความแรงลม อยู่ที่ 60 (Flow Control)

3. กดปุ่มAspirator control (on/off) ปรับไปที่7 กดปุ่ม heating control ปรับไปที่5 (inlet temperature เท่ากับ 170 ± 10 องศาเซลเซียส และ outlet temperature เท่ากับ 100 ± 10 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กดปุ่ม pump control ปรับไปที่ 3 เพื่อป้อนตัวอย่างน้ำนม จำนวน3 ลิตร/ ตัวอย่าง จนครบทุกตัวอย่าง

5. feed น้ำที่ปราศจากอิออน (deionization water) เพื่อไล่ตัวอย่างที่ตกค้างอยู่ในสายยางออกให้หมด

6. ปิดเครื่องหลังใช้งาน โดยกดปุ่ม pump control heating control และปุ่ม Aspirator control ไปที่ศูนย์ แล้วตามด้วยปุ่มปิด/เปิด (power) ตามลำดับ

7. ถอดอุปกรณ์หลังการใช้งานเพื่อล้าง ทำความสะอาด และนำตัวอย่างนมผงไปชั่งน้ำหนักหน่วยกรัม ทำการทดลองจนครบทุกตัวอย่าง

ภาพผนวกที่ ง1 การติดตั้งระบบการทำงานเครื่อง Spray Dryer (Buchi-190)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลักการผลิตนมผง แบบ spray process (spray drying)

โดยการระเหยน้ำในน้ำนมออก ให้มีความเข้มข้น 45-50 เปอร์เซ็นต์ ก่อนจะทำให้แห้ง ถูกอัดดันด้วยเครื่องพ่นลมร้อน/ เครื่องปั๊มไปตามท่อ อุณหภูมิประมาณ 120 C ± 5 C แล้วพ่นผ่านหัวฉีดเป็นฝอยเข้าไปใน drying chamber ไอลมร้อนจะพาส่วนที่เป็นน้ำของนมระเหยออกไป ส่วน milk solid ซึ่งกลายเป็นนมผง จะร่วงอยู่ด้านล่างของถัง ซึ่งเป็นรูปกรวยจากปลายกรวยสายพานจะนำนมผงออกไปรับลมเย็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ U3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ จ1 น้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1 P2 และ P3

ผลิตภัณฑ์น้ำนม	ลำดับตัวอย่าง	น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำนม (kg_{fresh})	น้ำหนักผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง (kg_{dry})
P1	1	1.01	0.07
	2	1.01	0.07
	3	1.00	0.07
P2	1	1.01	0.07
	2	0.99	0.11
	3	0.99	0.07
U3	1	1.02	0.07
	2	1.02	0.06
	3	1.02	0.06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

เปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในนมผง

1. นำตัวอย่างน้ำนมโคสดที่ผ่านวิธีการทำแห้งในลักษณะผง หนัก 1-2 กรัมวางลงบนกระดาษฟรอยด์ ก่อนนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานอย่างน้อย 1-2 วัน

2. เก็บตัวอย่างในตู้ดูดความชื้น เมื่อเย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักหลังการอบจนมีน้ำหนักตัวอย่างคงที่ มีหน่วยกรัม

$$\text{หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม) – น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ(กรัม) x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}}$$

$$\text{นมแห้งชนิด P1} = \left[\frac{4.76 - 4.67}{4.76}\right] \times 100$$

$$= 0.0189 \times 100$$

$$= 1.89 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$\text{นมแห้งชนิด P2} = \left[\frac{2.45 - 2.42}{2.45}\right] \times 100$$

$$= 0.0122 \times 100$$

$$= 1.22 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$\text{นมแห้งชนิด U3} = \left[\frac{1.41-1.39}{1.41}\right] \times 100$$

$$= 0.0142 \times 100$$

$$= 1.42 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

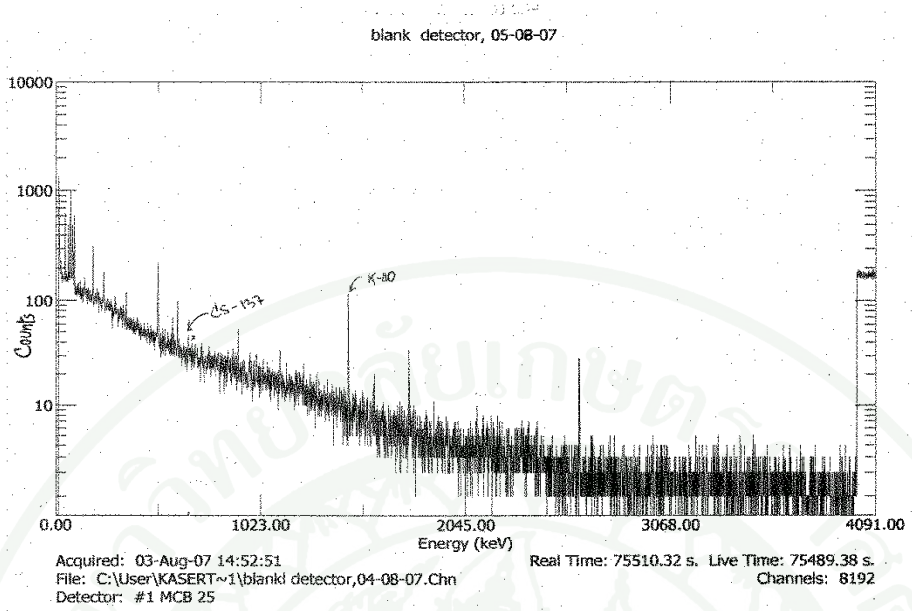
ดังนั้น หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่างผลิภัณฑ์น้ำนมทั้ง 4 ชนิดนำไปผ่านวิธีการแบบทำแห้งในลักษณะผง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1- 2 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

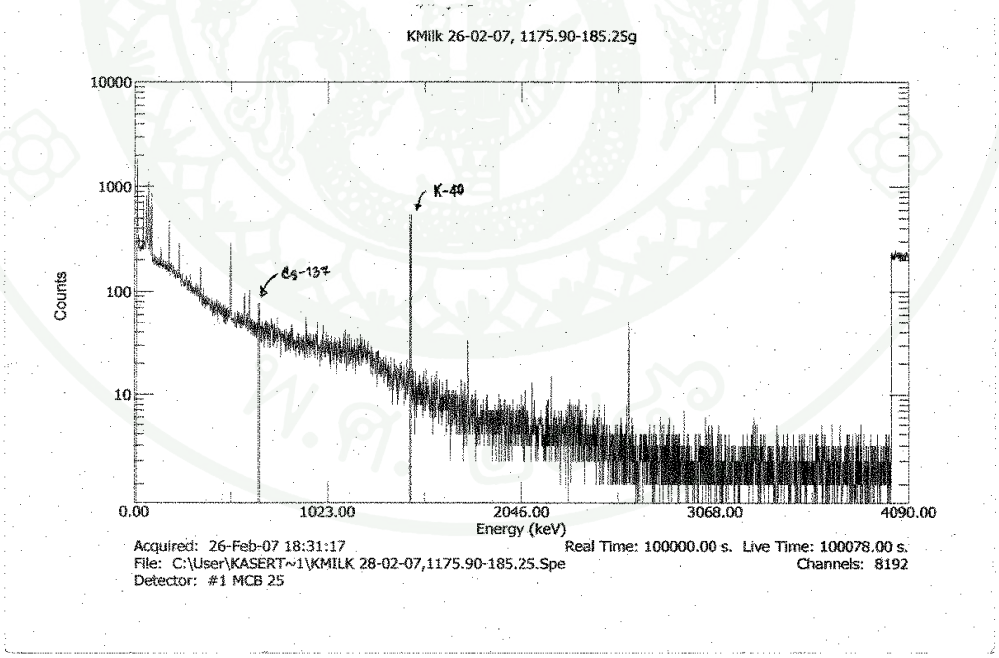
ภาคผนวก ช

บันทึกสเปกตรัมรังสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

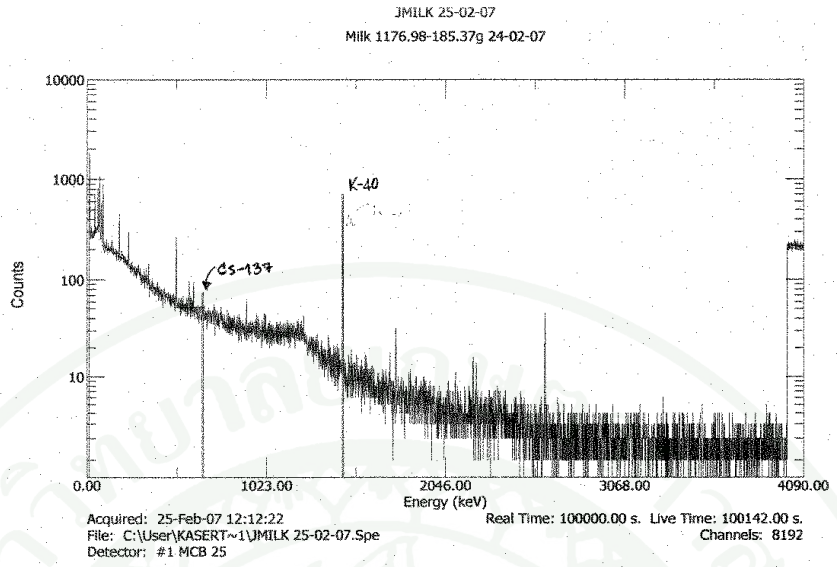


ภาพผนวกที่ ช1 สเปกตรัมค่าพื้นหลัง

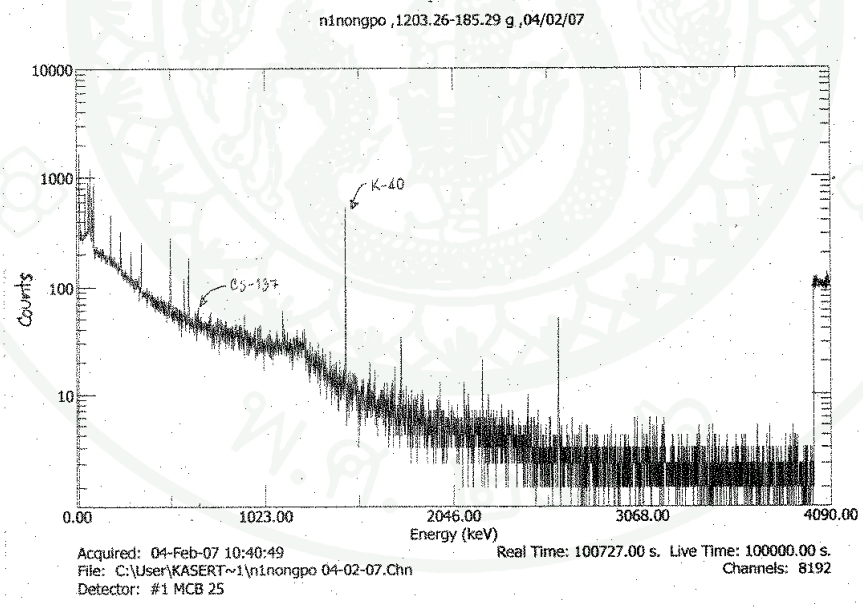


ภาพผนวกที่ ช2 สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

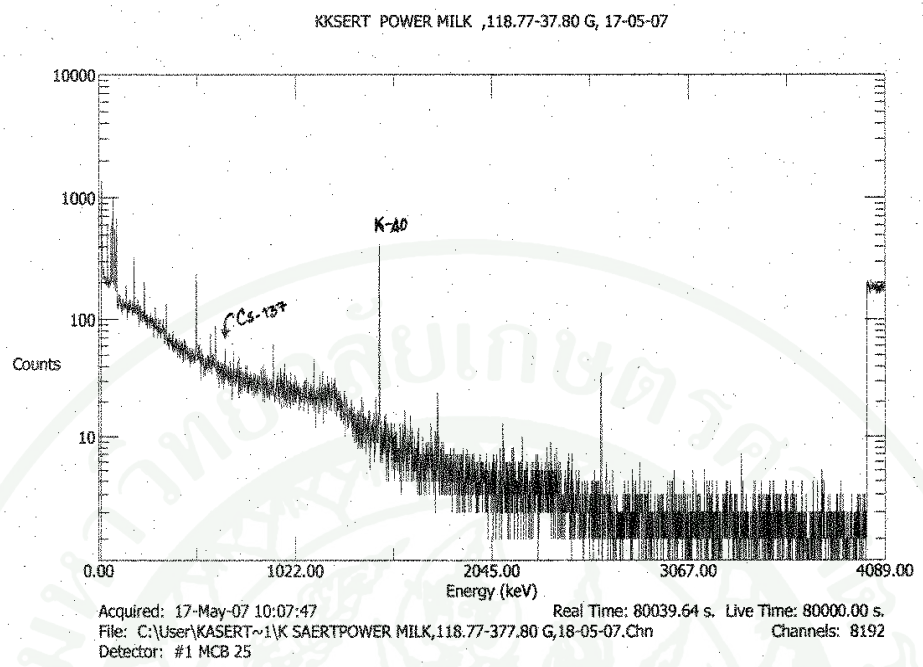


ภาพผนวกที่ ช3 สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P2

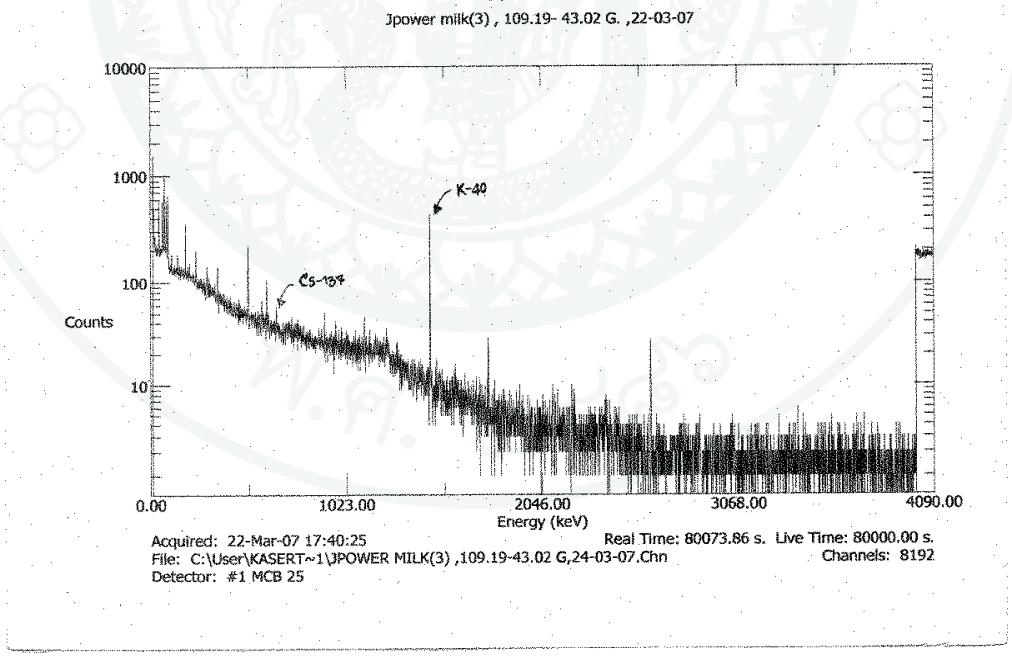


ภาพผนวกที่ ช4 สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด U3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ช5 สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P1



ภาพผนวกที่ ช6 สเปกตรัมผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพผนวกที่ ช1- ช 6 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ ซีเซียม-137 ในผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง จะตรวจพบนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 ที่พลังงาน 661.66 keV. จะมีค่านับวัดใกล้เคียงกับค่าแบกกราวนด์ นอกจากนี้ยังตรวจพบชนิดนิวไคลด์กัมมันตรังสี ที่เกิดตามธรรมชาติในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง เช่น Pb-212, Ac-208, K-40, Bi-214 และ Tl-208 เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ซ

หาค่านับวัดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมและผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งจากเครื่องวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ1 ค่านับวัดในผลิตภัณฑ์น้ำนม ชนิด P1 P2 U3 และ U4 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาจากเครื่องวัดโดยโปรแกรมวิเคราะห์ Maestro-32 (MCB- 25)

ผลิตภัณฑ์น้ำนม	เวลาวัดรังสี (sec)	ค่านับวัดรวม (counts)	ค่านับวัดสุทธิ (counts)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±(counts)
P1 (1)	100000	508	62	31
(2)	100000	507	49	31
(3)	100000	525	71	31
(4)	100000	441	36	29
P2 (1)	100000	507	98	30
(2)	100000	419	50	28
(3)	100000	583	72	30
(4)	100000	682	92	31
U3 (1)	100000	483	43	30
(2)	100000	632	43	31
(3)	100000	643	43	30
(4)	100000	658	58	30
U4 (1)	100000	640	85	27
(2)	100000	683	45	31
(3)	100000	672	59	31
(4)	100000	634	91	30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ2 ค่านับวัดผลิตภัณฑ์น้ำนมชนิด P1 P2 และ U3 จากปริมาตร1 ลิตรไปผ่านวิธีการแบบทำแห้ง หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาจากเครื่องวัด โดยโปรแกรมวิเคราะห์ Maestro-32 (MCB- 25)

ผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง	เวลาวัดรังสี (sec)	ค่านับวัดรวม (counts)	ค่านับวัดสุทธิ (counts)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±(counts)
P1 (1)	80000	472	84	21
(2)	80000	475	101	21
(3)	80000	549	94	23
P2 (1)	80000	454	94	24
(2)	80000	458	80	24
(3)	80000	478	115	23
U3 (1)	80000	442	78	21
(2)	80000	457	79	21
(3)	80000	458	86	21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฌ

ผลการวัด และการควบคุมคุณภาพผลการวัดผลิตภัณฑ์น้ำนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลการหาค่านับตัวอย่าง ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัม Maestro-32 (MCB 25) ในผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้งชนิด P และ U

Detector # 1 ACQ 18- May 2007 at 9:39:36 RT = 80029.1 LT = 80000.0

MCB 25

K SAERT POWER MILK (1) , 119.31- 44.92 G, 18-05-07

RANGE: 1319 = 658.63 keV to 1330 = 664.12 keV

AREA : Gross = 472 Net = 84 +/- 21

CENTROID: 1324.79 = 661.52 keV

SHAPE: FWHM = 1.94 FW(1/5) M = 2.52

ID: Cs-137 at 661.62 keV

Corrected Rate = 0.00 +/- 0.00 cA

Detector # 1 ACQ 22- May 2007 at 9:35:30 RT = 80035.5 LT = 80000.0

MCB 25

N POWER MILK (2) , 115.36-45.97 G, 21-05-07

RANGE: 1319 = 658.63 keV to 1330 = 664.12 keV

AREA : Gross = 442 Net = 78 +/- 21

CENTROID: 1325.14 = 661.69 keV

SHAPE: FWHM = 1.74 FW(1/5) M = 2.29

ID: Cs-137 at 661.62 keV

Corrected Rate = 0.00 +/- 0.00 cA

Detector # 1 ACQ 22- May 2007 at 11: 22: 29 RT = 80010.9 LT = 80000.0

MCB 25

N POWER MILK (3) , 102.94 - 43.02 G, 22 - 05- 07

RANGE: 1319 = 658.63 keV to 1330 = 664.12 keV

AREA : Gross = 457 Net = 79 +/- 21

CENTROID: 1324.76 = 661.50 keV

SHAPE: FWHM = 1.29 FW(1/5) M = 2.70

ID: Cs-137 at 661.62 keV

Corrected Rate = 0.00 +/- 0.00 cA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการคำนวณผลการวัด

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมแห้งชนิด P1 (ตัวอย่างที่ 1)

ค่านับรวม = 472 counts ประสิทธิภาพของหัววัด 0.007

ค่าแบกกราวนด์ = 388 counts น้ำหนักตัวอย่างสด 1.01 kg_{fresh}

ค่านับสุทธิ = 84 ±21 counts

เวลาวัดรังสี = 80000 sec

1. คำนวณ specific activity (S.A) จาก

$$\frac{84}{80000 \times 0.007 \times 1.01} \pm \frac{21}{80000 \times 0.007 \times 1.02}$$

ดังนั้น S.A = 0.15 ± 0.04 Bq/kg_{fresh}

2. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ

คำนวณ $S_0 = S^2_G + S^2_B$

$$= \left(\frac{472}{80000^2} + \frac{388}{80000^2} \right)^{1/2}$$

เท่ากับ 0.0003 cps หรือ 0.00037 cps x80000 sec = 29.6 (29 counts) หรือ 0.052 Bq

3. หาระดับวิกฤตของการวัด (Critical Limit,L_C)

คำนวณ Critical limit (L_C) = $k_\alpha \sigma_0$, k_α = 1.645 (ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

เมื่อ $\sigma_0 = \sigma_{ns} = \sqrt{2} . \sigma_{NB}$

ดังนั้น $L_C = 1.645 . \sqrt{2} . \sigma_{NB}$

= 2.33 x29 counts

= 68 counts

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณค่า L_C ย้อนกลับไปเป็นหน่วยกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 (Activity, Bq) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมแห้งชนิด P1

จากสมการ Eff = cps/dps

Net count rate = 68/80,000 = 0.00085 cps

ดังนั้นค่ากัมมันตภาพรังสี (Activity, Bq) = 0.00085/ 0.007

= 0.121 Bq

4. ค่าขีดจำกัดของเครื่องมือ (Detection Limits, L_D)

คำนวณ $L_D = k_\alpha\sigma_0 + k_\beta\sigma_D$ เมื่อ $k_\beta = k_\alpha$ เท่ากับ 1.645 (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

$= 68+1.645.(\sqrt{2}.\sigma_{NB}+1.645) = 120$ counts

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ญ

ค่ามาตรฐานที่มีกัมมันตรังสีในน้ำนมโค และนมผง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ 102 (พ.ศ.2529)
เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี

ด้วยปรากฏว่าได้เกิดวินาศภัยขึ้นที่โรงงานไฟฟ้าปรมาณู ณ เมืองเชอร์โนบิล ประเทศสหภาพโซเวียต เมื่อวันที่ 26 เมษายน 2529 ทำให้มีฝุ่นกัมมันตรังสีแพร่กระจายในชั้นบรรยากาศ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนทั้งโดยตรงและทางอ้อม เนื่องจากการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภค อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของฝุ่นกัมมันตรังสี อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และ 6(3) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้อาหารที่มีฝุ่นกัมมันตรังสีปนเปื้อนที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่าย เป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน

ข้อ 2 อาหารตามข้อ 1 ต้องมีมาตรฐาน โดยตรวจพบกัมมันตภาพรังสีในรูปของซีเซียม-137 (Cs-137) ไม่เกินระดับปริมาณ ดังต่อไปนี้

(1) นมสด 7 เบคเคอเรล ต่อลิตร (Bq/L)

(2) นมผง ผลิตภัณฑ์นม และอาหารที่ใช้สำหรับทารก 21 เบคเคอเรล ต่อกิโลกรัม (Bq/kg)

(3) ธัญพืชและอาหารประเภทอื่น 6 เบคเคอเรล ต่อกิโลกรัม (Bq/kg)

ข้อ 3 อาหารที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรแต่ละครั้ง จะต้องมีหนังสือรับรองความปลอดภัยระบุระดับปริมาณกัมมันตภาพรังสีในรูปซีเซียม-137 ของอาหารนั้น โดยสถาบันของทางราชการที่เชื่อถือได้ของประเทศที่เป็นแหล่งกำเนิด

ความในข้อ 3 ถูกยกเลิกและใช้ความใหม่แทนแล้วโดยข้อ 1 แห่งประกาศฯ ฉบับที่ 116 (พ.ศ.2531)ฯ

ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ.2529
เทอดพงษ์ ไชยนันทน์
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(103 ร.จ.41 ตอนที่ 203 (ฉบับพิเศษ แผนกราชกิจจาฯ) ลงวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ.2529)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
(ฉบับที่ 282) พ.ศ. 2547
เรื่อง นมโค (ฉบับที่ 2)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง นมโคอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(1)(2)(7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล (สำเนา) ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 39 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกความในข้อ 3 ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) พ.ศ.2545 เรื่อง นมโค ลงวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2545 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

ข้อ 2 ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) พ.ศ.2545 เรื่อง นมโค ลงวันที่ 19 ธัวาคม
พ.ศ.2545 ให้แก้ไขคำว่า “น้ำนมดิบ” เป็น “น้ำนมโค”

“ข้อ 3 ในประกาศนี้ “น้ำนมโค (นมสด)” หมายความว่า น้ำนมที่รีดจากแม่โค”

ข้อ 4 ให้ยกเลิกความใน (1.1.1) ของข้อ 24(1)(1.1) แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) พ.ศ.2545 เรื่อง นมโค ลงวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2545 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“(1.1.1) “นม …….” (ความที่เว้นไว้ให้ระบุกรรมวิธีฆ่าเชื้อตามข้อ 11) สำหรับชนิดเต็มมันเนย ทั้งนี้น้ำนมโคชนิดเต็มมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อตามข้อ 11(1) ที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศา ข้อ 3 ให้ยกเลิกความใน (1) ของข้อ 11 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) พ.ศ.2545 เรื่อง นมโค ลงวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2545 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“(1) พาสเจอร์ไรส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟอสฟาเทส โดยใช้อุณหภูมิและเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1.1) อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า หรือ

(1.2) อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า หรือ

(1.3) อุณหภูมิและเวลาที่ให้ผลในการฆ่าเชื้อได้เทียบเท่ากับ (1.1) และ (1.2) แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า” ข้อ 5 ประกาศนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ.2547

(ลงชื่อ) สุดารัตน์ เกยุราพันธุ์

(นางสุดารัตน์ เกยุราพันธุ์)
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(คัดจากราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนพิเศษ 97 ง. ลงวันที่ 6 กันยายน พ.ศ.2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฎ

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม และผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาชนะ Marinelli beaker ขนาด 1 ลิตร

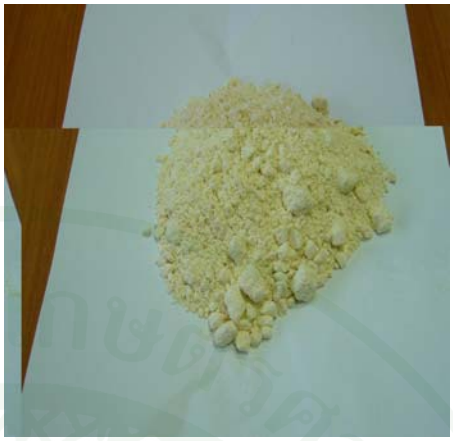
ชั่งตัวอย่าง

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนม

ภาพผนวกที่ ฎ1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำนมสำหรับวัดรังสีแกมมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบอกพลาสติกบรรจุตัวอย่าง



เถ้าตัวอย่างนมแห้ง

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง

ภาพผนวกที่ ฎ2 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำนมแบบทำแห้ง สำหรับวัดรังสีแกมมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-สกุล	นางเฉลิมขวัญ ปิติโสภณางกูร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	3 กันยายน 2508
สถานที่เกิด	อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ตำแหน่งหน้าที่งานปัจจุบัน	นักฟิสิกส์รังสี ชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัย จากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทุน สวทช.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์