RISK ASSESSMENT OF FOOD CONTAMINATED WITH RADIOACTIVE ELEMENTS IN THAILAND, NUCLEAR REACTOR ACCIDENT IN JAPAN, 2011

Sensupa W[1], Sangthong S[1], Kittithanavimon D[1*] and Katchamart S[2]

[1]Bureau of Food, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health

[2]Cosmetic Control Division, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health

ABSTRACT

On 11 March 2011, there were earthquake, tsunami and accident at the nuclear power station in Japan, resulting in radioactive contamination in food and environment. Every country including Thailand has monitored and inspected all products originated from Japan. Ministry of Public Health by Thai Food and Drug Administration (Thai FDA) reviewed and cancelled two notifications No. 102 (B.E. 2529) and No. 116 (B.E. 2531) on standards that limit the amount of radioactive contamination in food. According to diasters, Thai FDA issued the new notifications based on four steps of risk assessment: hazard identification, dose-response assessment, exposure assessment and risk characterization. The contents of the new notifications were as followed: the total amount of radioactive elements iodine-131 and cesium-134 and cesium-137, contaminated in food should be less than 100 and 500 Bq/kg, respectively and requirement for imported food products originated from Japan. Both notifications are the major measure of Thai FDA to manage and communicate risk related to food contaminated with radioactive elements.

Keywords: Risk assessment, Iodine-131, Cesium-134, Cesium-137

***Corresponding author:**
Dissaya Kittithanavimon
Bureau of Food, Food and Drug Administration
Tiwanon Road, Nonthaburi 11000
Email: dissayak@fda.moph.go.th

การประเมินความเสี่ยงอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีของประเทศไทย กรณีอุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศญี่ปุ่น พ.ศ 2554

วารุณี เสนสุภา[1] ศลินา แสงทอง[1] ดิษญา กิตติธนวิมล[1*] และสิรินมาส คัชมาตย์[2]

[1]สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

[2]กลุ่มควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

บทคัดย่อ

วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 เกิดแผ่นดินไหว สึนามิ และอุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศญี่ปุ่น ทำให้สารกัมมันตรังสีปนเปื้อนในอาหารและสิ่งแวดล้อม ประเทศต่างๆ รวมทั้งประเทศไทยได้มีมาตรการตรวจสอบและเฝ้าระวังอาหารจากประเทศญี่ปุ่น กระทรวงสาธารณสุข โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ทบทวนและยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 102 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 116 (พ.ศ. 2531) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี (ฉบับที่ 2) และออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ใหม่ 2 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี ลงวันที่ 11 เมษายน 2554 เพื่อกำหนดปริมาณสูงสุดของสารกัมมันตรังสีที่ยอมให้ปนเปื้อนในอาหาร ดังนี้คือ ไอโอดีน-131 ไม่เกิน 100 เบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 รวมกันไม่เกิน 500 เบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) สำหรับเฝ้าระวังอาหารนำเข้าจากประเทศที่มีความเสี่ยงจากอุบัติการณ์การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 341) พ.ศ. 2555 เรื่อง กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี ลงวันที่ 5 มีนาคม 2555 เพื่อกำหนดเงื่อนไขและเขตพื้นที่ของประเทศญี่ปุ่นที่ผลิตอาหาร การออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขทั้งสองฉบับดำเนินการบนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ตามหลักการสากล คือ การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การบ่งชี้อันตราย การตอบสนองต่อปริมาณ การประเมินการได้รับสัมผัส และการอธิบายความเสี่ยง ประกาศฯ ทั้งสองฉบับจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการความเสี่ยงและสื่อสารความเสี่ยงของอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง, ไอโอดีน-131, ซีเซียม-134, ซีเซียม-137

***Corresponding author:**

นางสาวดิษญา กิตติธนวิมล

สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

Email: dissayak@fda.moph.go.th

บทนำ

วันที่ 11 มีนาคม 2554 เกิดแผ่นดินไหวที่มีแรงสั่นสะเทือนขนาด 9 ริกเตอร์ และเกิดสึนามิที่ประเทศญี่ปุ่น ห่างจากชายฝั่งเมืองเซนได จังหวัดมิยางิ ประมาณ 80 กิโลเมตร ทำให้ระบบหล่อเย็นแกนปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เมืองโอกุมะ จังหวัดฟุกุชิมะ เกาะฮอนชู ไม่ทำงาน เกิดการระเบิดของก๊าซไฮโดรเจนบริเวณภายนอกตัวอาคารเตาปฏิกรณ์ ทำให้สารกัมมันตรังสีแพร่กระจายบริเวณรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และในหลายจังหวัดทางฝั่งตะวันออกของเกาะฮอนชู ได้แก่ จังหวัดฟุกุชิมะ อิบารากิ ชิบะ โตชิกิ และกุนมะ ประเทศญี่ปุ่น ได้ดำเนินมาตรการเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว ดังนี้ อพยพประชาชนที่อาศัยบริเวณรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รัศมี 20 กิโลเมตร และแจกยาโพแทสเซียมไอโอไดด์ให้ประชาชนในพื้นที่กินเพื่อป้องกันมะเร็งต่อมไทรอยด์เนื่องจากการได้รับสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 พร้อมกับตรวจสอบและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในอาหาร น้ำประปา ดิน ฝุ่นละออง และน้ำทะเล ตลอดจนประกาศพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวและสึนามิ เพื่อจำกัดการบริโภคและห้ามการกระจายอาหารจากบริเวณดังกล่าว[1]

จากเหตุการณ์ดังกล่าว ประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยได้มีมาตรการตรวจสอบและเฝ้าระวังอาหารจากประเทศญี่ปุ่น ณ ด่านนำเข้าอย่างเข้มงวด และบางประเทศห้ามการนำเข้าอาหารที่มีแหล่งผลิตจากจังหวัดที่ได้รับผลกระทบที่อยู่ในรัศมีของการแพร่กระจายสารกัมมันตรังสี ประเทศไทยโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขได้ทบทวนมาตรการทางกฎหมาย คือประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 102 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 116 (พ.ศ. 2531) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี (ฉบับที่ 2) ซึ่งกำหนดให้อาหารที่ปนเปื้อนฝุ่นกัมมันตรังสีที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่าย เป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน โดยตรวจพบสารกัมมันตรังสีในรูปของซีเซียม-137 (Cs-137) ไม่เกินปริมาณ ดังนี้คือ 1) นมสด 7 เบ็กเคอเรลต่อลิตร (Bq/L) 2) นมผงผลิตภัณฑ์นม และอาหารที่ใช้สำหรับทารก 21 เบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg) 3) ธัญพืชและอาหารประเภทอื่น 6 เบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัม (Bq/kg)[2, 3] ซึ่งค่ากำหนดดังกล่าวพิจารณาบนพื้นฐานจากระดับปริมาณสารกัมมันตรังสีที่มีการตรวจพบในสภาวการณ์ปกติ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีของประชากรไทยสำหรับเป็นข้อมูลการออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข 2 ฉบับคือ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นมาตรการทางกฎหมายที่ใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการและสื่อสารความเสี่ยง เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภคจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเนื่องจากเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงสารกัมมันตรังสี 3 ชนิดดังกล่าว ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification)

อันตรายของสารกัมมันตรังสีทั้งสามชนิด สรุปได้ดังนี้

(1) ไอโอดีน-131 เป็นธาตุที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ยูเรเนียมเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ในทางการแพทย์[4] เพื่อรักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ ไทรอยด์เป็นพิษ (Hyperthyroidism) และใช้วินิจฉัยอาการเกี่ยวข้องกับต่อมไทรอยด์[5] ไอโอดีน-131 เป็นธาตุที่มีความคงตัวต่ำเนื่องจากมีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัว (Half-life) สั้นคือ 8 วัน การสลายตัวจะปลดปล่อยรังสีบีตาและรังสีแกมมาออกมา ร่างกายประกอบด้วยไอโอดีนประมาณ 10-20 มิลลิกรัม โดยต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะที่มีไอโอดีนมากที่สุดคือ 90% ของไอโอดีนทั้งหมดที่มีในร่างกาย เมื่อไอโอดีนเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจและ/หรือการกิน จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตได้ทั้งหมดคือ 100% โดยตรวจพบที่ต่อมไทรอยด์ 30% ขับออกทางอุจจาระ 20% และส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดออกจากร่างกายในเวลาไม่นานนัก การกำจัดไอโอดีนออกจากร่างกายขึ้นอยู่กับอายุของผู้ที่ได้รับสัมผัส โดยค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวในสิ่งมีชีวิต (Biological half-life) ของทารก เด็กอายุ 5 ปี และผู้ใหญ่ เท่ากับ 11 วัน 23 วันและ 80 วัน ตามลำดับ เนื่องจากต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะที่สะสมไอโอดีนได้มากที่สุด การได้รับสัมผัสไอโอดีนปริมาณมากจึงเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งต่อมไทรอยด์ ผลการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า เด็กมีความไวและความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งต่อมไทรอยด์มากกว่าผู้ใหญ่[4]

(2) ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 เป็นธาตุที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ยูเรเนียมหรือพลูโทเนียมเป็นแหล่งพลังงาน ซีเซียม-134 มีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัว (Half-life) 2 ปีการสลายตัวจะปลดปล่อยรังสีบีตาและแกมมาออกมา ซีเซียม-137 เป็นธาตุที่มีความคงตัวสูงกว่าโดยมีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัว (Half-life) 30 ปี การสลายตัวจะปลดปล่อยรังสีบีตาและแบเรียม-137m (m ย่อมาจาก metastable) ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 153 วินาที การสลายตัวของแบเรียม-137m จะให้รังสีแกมมา เมื่อซีเซียมเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจและ/หรือการกิน จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตกระจายตัวไปทั่วร่างกาย ถูกกำจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว และอาจสะสมในกล้ามเนื้อ ค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวในสิ่งมีชีวิต (Biological half-life) ในผู้ใหญ่ เท่ากับ 2 วัน อย่างไรก็ตาม การกำจัดซีเซียมออกจากร่างกายในเด็กและวัยรุ่นจะค่อนข้างเร็วเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ การได้รับสัมผัสซีเซียมปริมาณมาก เป็นการเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง[6]

2. การตอบสนองต่อปริมาณ (Dose-Response Relationship)

ผลการศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับการได้รับสารกัมมันตรังสี เช่น การได้รับเรเดียมจากการทำงาน คนงานในเหมืองยูเรเนียม ผู้รอดชีวิตจากระเบิดปรมาณู ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยสารกัมมันตรังสี พบว่า ผู้ได้รับสารกัมมันตรังสีจะเกิดมะเร็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับประชากรทั่วไป[7] United state of America, Environmental Protection Agency (US. EPA) คำนวณค่า

สัมประสิทธิ์ความเสี่ยงการเสียชีวิตจากการได้รับสารกัมมันตรังสี (Mortality Risk Coefficients) เนื่องจากการเกิดมะเร็งที่อวัยวะต่างๆ โดยใช้โปรแกรม DCAL (Dose and Risk Calculation) ซึ่งเป็น Age-Dependent Models ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล เช่น เพศ ปริมาณการได้รับสารกัมมันตรังสี เมแทบอลิซึม รายละเอียดตามตารางที่ 1

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงการเสียชีวิตจากการได้รับสารกัมมันตรังสี (Mortality Risk Coefficients) จากตารางที่ 1 พบว่า ความเสี่ยงจากการเสียชีวิตด้วยมะเร็งจากการได้รับไอโอดีน-131 ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 เกิดจากการกินมากกว่าการหายใจ โดยการได้รับซีเซียมจากการกินนั้น 80% มาจากการดื่มน้ำประปา[4, 7]

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงการเสียชีวิตจากการได้รับสารกัมมันตรังสี (Mortality Risk Coefficients) 3 ชนิด คือ ไอโอดีน-131 ซีเซียม-134 และซีเซียม-137[4, 7]

Radionuclide	Lifetime Cancer Mortality Risk (pCi^{-1})	
	Inhalation	**Ingestion**
Iodine-131	2.1×10^{-12}	1.4×10^{-11}
Cesium-134	1.1×10^{-11}	3.5×10^{-11}
Cesium-137	8.1×10^{-12}	2.5×10^{-11}

3. การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

มาตรฐานอาหารสากล Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Codex Standard 193-1995) เสนอแนวทางการประเมินการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนในอาหารกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์ (Nuclear or Radiological Emergency) โดยคำนวณตามหลักการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) เพื่อให้แต่ละประเทศใช้พิจารณากำหนดค่าความปลอดภัยที่เหมาะสม[8, 9]

3.1 วิธีการคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส

การได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีจากการบริโภคนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อน, Ingestion dose coefficients, สัดส่วนของปริมาณการนำเข้าส่งออกของอาหาร ซึ่งคำนวณตามสมการดังนี้

$$E = GL(A) \cdot M(A) \cdot e_{ing}(A) \cdot IPF$$

โดย

E = the mean internal dose of the public หมายถึง ปริมาณการได้รับสัมผัสหรือ ปริมาณการได้รับสารกัมมันตรังสี (A) จากการบริโภคอาหารนำเข้าที่มีการปนเปื้อนของประชากรที่ระดับเฉลี่ย หน่วยเป็นมิลลิซีเวิร์ต

GL(A) = Guideline levels หมายถึง ค่าความปลอดภัยหรือค่ากำหนดปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนในอาหารนำเข้าที่ประชากรทั่วไปบริโภคโดยไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หน่วยเป็นเบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัมอาหาร

M(A) = the age-dependent mass of food consumed per year หมายถึง ปริมาณการบริโภคอาหารต่อปี หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อคนต่อปี

$e_{ing}(A)$ = the age-dependent ingestion dose coefficient หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของผลกระทบจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีต่อช่วงอายุมนุษย์ หน่วยเป็นมิลลิซีเวิร์ตต่อเบ็กเคอเรล

IPF = the import/production factor หมายถึง สัดส่วนของปริมาณอาหารที่นำเข้าจากพื้นที่ที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีต่อปริมาณอาหารที่ผลิตและนำเข้าทั้งหมดในภูมิภาคหรือประเทศที่พิจารณา

3.2 ข้อมูลที่ใช้คำนวณปริมาณการได้รับสัมผัส

GL(A) พิจารณาโดยใช้ค่ากำหนดการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี ไอโอดีน-131 ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 ในอาหารตามมาตรฐานโคเด็กซ์ รายละเอียดตามตารางที่ 2

M(A) พิจารณาโดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของคนไทย จากประชากร 2 กลุ่มอายุ คือ 1) กลุ่มทารก (infant) อายุ 0-1 ปี ซึ่งใช้ข้อมูลการบริโภคของกลุ่มอายุ 0-3 ปี และ 2) กลุ่มประชากรทั่วไป (adult) อายุมากกว่า 3 ปีขึ้นไป รายละเอียดตามตารางที่ 3

e_{ing}(A) เป็นค่าซึ่งทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) ได้จัดทำข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ของผลกระทบจากการหายใจและการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีต่อช่วงอายุมนุษย์ โดยกลุ่มทารกจะมีความเสี่ยงมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำมาใช้ประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีต่างๆ ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น รายละเอียดตามตารางที่ 4

IPF พิจารณาโดยใช้การอนุมานว่าหลังจากเกิดเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์ สารกัมมันตรังสีปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมและไม่สามารถหาแหล่งอาหารทดแทนอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization; FAO) ได้รวบรวมและสรุปผลการศึกษาทางสถิติเกี่ยวกับการนำเข้าอาหารทั่วโลกในสถานการณ์ปกติ ได้ค่า IPF = 0.1 [8,9]

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> กลุ่มทารกได้รับสัมผัสไอโอดีน-131

$E = 100\ Bq/kg \cdot 267.46\ kg \cdot 1.8 \cdot 10^{-4}\ mSv/Bq \cdot 0.1$

$= 0.48\ mSv$

ตารางที่ 2 ค่ากำหนดการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในอาหารตามมาตรฐานโคเด็กซ์[9]

ชนิดของสารกัมมันตรังสี	ค่ากำหนดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสี (เบ็กเคอเรลต่อกิโลกรัมอาหาร; Bq/kg)	
	อาหารทารก	อาหารอื่น
ไอโอดีน-131 (^{131}I, Iodine-131)	100	100
ซีเซียม-134 (^{134}Cs, Cesium-134)	1,000	1,000
ซีเซียม-137 (^{137}Cs, Cesium-137)	1,000	1,000

ตารางที่ 3 ข้อมูลการบริโภคอาหารของคนไทย[10]

กลุ่มประชากร	ประเภทอาหาร	ลักษณะของข้อมูลการบริโภคที่ใช้ในการคำนวณ	ปริมาณการบริโภคอาหาร (กิโลกรัม/คน/ปี)	
			เฉลี่ย	97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์
กลุ่มทารก อายุ 0-1 ปี	รายการอาหารที่ทารกมีการบริโภค (นมผงสำหรับทารก อาหารสำเร็จรูปสำหรับทารก และอาหารเสริมสำหรับทารก)	Eater only ของกลุ่มอายุ 0-3 ปี	267.46	506.38
	High Scenario กรณีที่มีการบริโภคนมผงสำหรับทารกในปริมาณสูง	Eater only ของกลุ่มอายุ 0-3 ปี ยกเว้นรายการนมผงสำหรับทารกที่ใช้ข้อมูลที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์	**356.11**	-
กลุ่มประชากรทั่วไป อายุ > 3 ปี ขึ้นไป	ทุกรายการอาหาร	Per capita ของประชากรทั่วไป	667.49	4091.17
	High Scenario กรณีที่มีการบริโภคข้าวเจ้าในปริมาณสูง	Per capita ของประชากรทั่วไป ยกเว้นรายการข้าวเจ้า ที่ใช้ข้อมูลที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์	**929.34**	-

ตารางที่ 4 แสดงค่า Age-dependent ingestion dose coefficient (dose per unit intake, mSv/Bq)[8]

Radionuclide	Age-dependent ingestion dose coefficient (mSv/Bq)	
	infant	adult
Iodine-131 (^{131}I)	1.8×10^{-4}	2.2×10^{-5}
Cesium-134 (^{134}Cs)	2.6×10^{-5}	1.9×10^{-5}
Cesium-137 (^{137}Cs)	2.1×10^{-5}	1.3×10^{-5}

3.3 ผลการประเมินการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีจากการบริโภคอาหารของประชากรไทย รายละเอียดตามตารางที่ 5

พิจารณาจากตารางที่ 5 พบว่า

กลุ่มทารก อายุ 0-1 ปี ได้รับสัมผัสซีเซียม-134 มากที่สุด เท่ากับ 0.7 mSv/ปี ที่ระดับเฉลี่ย และ 0.93 mSv/ปี ที่ High Scenario รองลงมาเป็นซีเซียม-137 และไอโอดีน-131 ตามลำดับ

กลุ่มประชากรทั่วไป ได้รับสัมผัสซีเซียม-134 มากที่สุด เท่ากับ 1.27 mSv/ปี ที่ระดับเฉลี่ย และ 1.77 mSv/ปี ที่ High Scenario รองลงมาเป็นซีเซียม-137 และไอโอดีน-131 ตามลำดับ

กลุ่มทารกได้รับสัมผัสไอโอดีน-131 สูงกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป ทั้งระดับเฉลี่ยและ High Scenario ขณะที่การได้รับสัมผัสซีเซียม-134 และซีเซียม-137 ของกลุ่มประชากรทั่วไปสูงกว่ากลุ่มทารก ทั้งระดับเฉลี่ยและ High Scenario

ตารางที่ 5 ผลการประเมินการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีจากการบริโภคอาหารของประชากรไทย

กลุ่มประชากร		ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ได้จากการบริโภคอาหารต่อปี (mSv/ปี)		
		ไอโอดีน-131	ซีเซียม-134	ซีเซียม-137
ทารก อายุ 0-1 ปี	ระดับเฉลี่ย	0.48	0.7	0.56
	High Scenario	0.64	0.93	0.75
ประชากรทั่วไป อายุ > 3 ปี ขึ้นไป	ระดับเฉลี่ย	0.15	1.27	0.87
	High Scenario	0.2	1.77	1.21

4. การอธิบายความเสี่ยง (Risk Characterization)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ประชากรไทยบริโภค (the mean internal dose of the public: E) (ตารางที่ 5) กับ Intervention Exemption Level of Dose หรือปริมาณการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีหลังเกิดเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์หนึ่งปี โดยไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เท่ากับ 1 mSv per year ดังนี้คือ

4.1 ปริมาณไอโอดีน-131 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ทารกและผู้ใหญ่บริโภคเป็นระยะเวลาหนึ่งปี กรณีบริโภคอาหารปริมาณเฉลี่ยและ/หรือ High Scenario ไม่เกิน 1 mSV จัดว่าปลอดภัย

4.2 ปริมาณซีเซียม-134 และปริมาณซีเซียม-137 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ทารกบริโภคเป็นระยะเวลาหนึ่งปี กรณีบริโภคอาหารปริมาณเฉลี่ยและ/หรือ High Scenario ไม่เกิน 1 mSV จัดว่าปลอดภัย

4.3 ปริมาณซีเซียม-137 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ผู้ใหญ่บริโภคเป็นระยะเวลาหนึ่งปี กรณีบริโภคอาหารปริมาณเฉลี่ย ไม่เกิน 1 mSV จัดว่าปลอดภัย

4.4 ปริมาณซีเซียม-134 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ผู้ใหญ่บริโภคเป็นระยะเวลาหนึ่งปี กรณีบริโภคอาหารปริมาณเฉลี่ยและ/หรือ High Scenario เกิน 1 mSV จัดว่าไม่ปลอดภัย

4.5 ปริมาณซีเซียม-137 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ผู้ใหญ่บริโภคเป็นระยะเวลาหนึ่งปี กรณีบริโภคอาหารปริมาณ High Scenario เกิน 1 mSV จัดว่าไม่ปลอดภัย

ข้อสังเกตผลการประเมินการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีจากการบริโภคอาหารของประชากรไทย

1.ผลการประเมินความเสี่ยงดังกล่าวมีข้อสังเกต ดังนี้

1.1 ข้อมูลการบริโภคอาหารของกลุ่มทารกอายุ 0-3 ปี ไม่ได้แยกเป็นกลุ่มย่อยคือทารก 0-1 ปี ดังนั้น ข้อมูลที่นำมาคำนวณอาจไม่เฉพาะเจาะจงและประเมินมากกว่าความเป็นจริง (over-estimate) เทียบกับข้อมูลของโคเด็กซ์ ซึ่งใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของทารก 0-1 ปี

1.2 The import/production factor ซึ่งใช้ในการคำนวณเท่ากับ 0.1 โดยอ้างอิงจากการคำนวณค่า Guideline levels ของโคเด็กซ์ ทั้งทารกและประชากรทั่วไป โดยในกรณีของทารกปริมาณอาหารนำเข้าที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีสำหรับทารก อาจไม่เท่ากับ 0.1 เนื่องจากทารกบริโภคน้ำนมเป็นอาหารหลัก บริโภคอาหารอื่นเป็นส่วนน้อย และประเทศไทยไม่ได้นำเข้าน้ำนมสำหรับทารกจากประเทศญี่ปุ่นเป็นหลัก

1.3 สารกัมมันตรังสีตรวจพบได้ทุกหนทุกแห่งในธรรมชาติ และอาจตรวจพบในอาหารปริมาณแตกต่างกันได้ถึงร้อยเท่า ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งนี้การประเมินความเสี่ยงสำหรับกรณีนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงการได้รับอันตรายจากอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีจากเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์เท่านั้น ไม่ได้รวมปริมาณสารกัมมันตรังสีในธรรมชาติ

1.4 การเฝ้าระวังอาหารนำเข้าอย่างเข้มงวดของประเทศต่างๆ การกำกับดูแลปัญหาของประเทศญี่ปุ่นหลังจากเกิดอุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มาตรการต่างๆ ทางการเกษตร การเปลี่ยนย้ายแหล่งที่มาหรือพื้นที่ที่ผลิตของอาหาร และระยะเวลาของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ทำให้อัตราส่วนของอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในประเทศต่างๆ ทั่วโลกลดลง มีการศึกษาพบว่าอัตราส่วนอาหารนำเข้าที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีหลังเกิดเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์หนึ่งปี ลดลงได้สูงสุดถึงหนึ่งร้อยเท่า อย่างไรก็ตาม อาหารบางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์จากป่ายังคงตรวจพบการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีและการปนเปื้อนดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นปริมาณสารกัมมันตรังสีของแต่ละคน ซึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีจะลดลงจนถึงปริมาณที่ไม่มีผลต่อสุขภาพ ต้องใช้ระยะเวลานานหลายปี

2. ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงได้แก่ ข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ประชากรไทยบริโภค ซึ่งใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรไทย และค่า Intervention Exemption Level of Dose 1 mSv/ปี ซึ่งเป็นปริมาณการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีหลังเกิดเหตุฉุกเฉินทางนิวเคลียร์หนึ่งปี โดยที่ไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ พบว่า ปริมาณซีเซียม-134 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ระดับเฉลี่ย และ High Scenario ของประชากรทั่วไป และปริมาณซีเซียม-137 ที่ปนเปื้อนจากอาหารนำเข้าที่ High Scenario ของ

ประชากรทั่วไป มีค่าเกิน 1 mSv/ปี ซึ่งจัดว่าไม่ปลอดภัย ได้เสนอเป็นข้อสังเกตของการประเมินความเสี่ยงครั้งนี้ให้คณะกรรมการอาหารและคณะอนุกรรมการฯ พิจารณาการกำหนดมาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีของประเทศไทย

แนวทางการกำหนดมาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 102 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 116 (พ.ศ. 2531) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี (ฉบับที่ 2)[2, 3] พบว่าการกำหนดค่ามาตรฐานการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีดังกล่าวเป็นการพิจารณาบนพื้นฐานจากระดับปริมาณสารกัมมันตรังสีที่มีการตรวจพบในสภาวการณ์ปกติ ซึ่งค่ากำหนดดังกล่าวไม่สอดคล้องกับแนวทางของมาตรฐานสากล สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในอาหาร จึงพิจารณาผลการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีจากการบริโภคอาหารของประชากรไทย รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลาในการสลายตัวครึ่งชีวิต (Half-life) ของสารกัมมันตรังสี สถานการณ์และโอกาสของการปนเปื้อน ระยะเวลา ข้อจำกัดของการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ข้อกำหนดชนิดสารกัมมันตรังสี และค่ามาตรฐานการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีของประเทศต่างๆ แล้ว เห็นควรให้กำหนดค่ามาตรฐานการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี 3 ชนิด ได้แก่ สารกัมมันตรังสี ไอโอดีน-131 ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของหลายประเทศที่มีการตรวจสอบเฝ้าระวังอาหารนำเข้าในขณะนั้น โดยกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในอาหาร ดังนี้

(1) ไอโอดีน-131 ไม่เกิน 100 Bq/kg อ้างอิงตาม Guideline Levels ของโคเด็กซ์ ซึ่งผลการประเมินการได้รับสัมผัสไม่เกิน 1 mSV (ตามตารางที่ 5)

(2) ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 รวมกันไม่เกิน 500 Bq/kg โดยกำหนดต่ำกว่า Guideline Levels ของโคเด็กซ์ เนื่องจากผลการประเมินการได้รับสัมผัสซีเซียม-134 และซีเซียม-137 อ้างอิงตาม Guideline Levels ของโคเด็กซ์ (ตามตารางที่ 2) ของประชากรไทยต่อปี มีค่าเกิน 1 mSV (ตามตารางที่ 5) ในกลุ่มประชากรทั่วไป ซึ่งกำหนดให้สอดคล้องกับค่ากำหนดซีเซียม-134 และซีเซียม-137 สำหรับอาหารทั่วไป (ยกเว้น นม ผลิตภัณฑ์นม และน้ำบริโภค) ของประเทศญี่ปุ่น [11, 12]

การกำหนดมาตรการทางกฎหมายเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในประเทศ

จากข้อมูลที่ได้นำเสนอดังกล่าวข้างต้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นควรให้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขเพื่อเป็นมาตรการทางกฎหมายสำหรับควบคุมอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี เป็น 2 ฉบับคือ

1. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี[13] เพื่อกำหนดปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนในอาหาร สำหรับเฝ้าระวังอาหารนำเข้า ดังนี้คือ ไอโอดีน-131 ไม่เกิน 100 Bq/kg ซีเซียม-134 และ

ซีเซียม-137 รวมกันไม่เกิน 500 Bq/kg โดยปริมาณไอโอดีน-131 อ้างอิงตาม Guideline Levels ของโคเด็กซ์ สำหรับซีเซียม-134 และซีเซียม-137 เนื่องจากผลการประเมินการได้รับสัมผัสพบว่าประชากรทั่วไปยังคงมีความเสี่ยงจากการได้รับสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 จากการบริโภคอาหาร ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าของซีเซียม-134 และซีเซียม-137 ต่ำกว่า Guideline Levels ของโคเด็กซ์ ซึ่งกำหนดปริมาณของซีเซียม-134 และซีเซียม-137 ไว้ไม่เกิน 1,000 Bq/kg

ทั้งนี้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้พิจารณาตามแนวทาง Multiple radionuclides in foods ของโคเด็กซ์ ที่มีข้อแนะนำ Guideline Levels ของสารกัมมันตรังสี ในอาหาร 2 กลุ่ม คือ อาหารทารก และอาหารอื่น โดยสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้น อาจกำหนดแยกตามแต่ละชนิดของสารกัมมันตรังสี หรืออาจกำหนดรวมไว้ด้วยกัน ประกอบกับข้อมูลการเฝ้าระวังของประเทศญี่ปุ่น ยังพบว่ามีการปนเปื้อนซีเซียมทั้ง 2 ไอโซปโทป เกินค่า Guideline Levels ของโคเด็กซ์ ดังนั้นเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้รับสัมผัสสารกัมมันตรังสีดังกล่าวน้อยที่สุด จึงกำหนดค่ามาตรฐานต่ำกว่า Guideline Levels ของโคเด็กซ์ คือ ซีเซียม-134 และซีเซียม-137 รวมกัน ไม่เกิน 500 Bq/kg อ้างอิงตามค่ากำหนดการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีสำหรับอาหารทั่วไป (ยกเว้น นมผลิตภัณฑ์นม และน้ำบริโภค) ของประเทศญี่ปุ่น[12,14]

2. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 341) พ.ศ. 2555 เรื่อง กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี[15] เพื่อกำหนดเขตพื้นที่ของประเทศญี่ปุ่นที่ผลิตอาหารซึ่งอยู่ในรัศมีที่มีการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และกำหนดเงื่อนไขที่ต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามเรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี [16,17,18]

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขทั้งสองฉบับ เป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) และสื่อสารความเสี่ยง (Risk Communication) ของการได้รับสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนอาหารนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นของประเทศไทย ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ดำเนินการบนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ตามหลักการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำกับดูแลอาหารนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งอาจปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการอาหารและคณะอนุกรรมการพิจารณากำหนดคุณภาพมาตรฐานและหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขในการควบคุมอาหาร สำหรับการพิจารณาข้อมูล เพื่อออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข 2 ฉบับคือ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี และขอขอบคุณสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สำหรับการให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีและนิวเคลียร์ รวมถึงให้ความร่วมมือในการตรวจวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีในอาหาร

เอกสารอ้างอิง

1. Ministry of Health, Labour and Welfare. Information on the Great East Japan Earthquake, 2010. Available at http://www.mhlw.go.jp/english/index.html, accessed Mar 19, 2010.
2. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 102 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี. คัดจากราชกิจจานุเบกษา 103 ร.จ.41 ตอนที่ 203 ลงวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.
3. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 116 (พ.ศ. 2531) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีกัมมันตรังสี (ฉบับที่ 2) คัดจากราชกิจจานุเบกษา 105 ร.จ.5 ตอนที่ 240 ลงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2531. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.
4. Environmental Science Division of Argonne National Laboratory. Iodine, Human Health Fact Sheet, 2005. Available at http://www.evs.anl.gov/pub/doc/Iodine.pdf, accessed Oct 21, 2011.
5. Naomi HH. Health effects of radiation and radioactive materials. In: Curtis DK, eds. Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2008: 1068.
6. Environmental Science Division of Argonne National Laboratory. Cesium, Human Health Fact Sheet, 2005. Available at http://www.evs.anl/gov/pub/Cesium.pdf accessed Oct 21, 2011.
7. Naomi HH. Health effects of radiation and radioactive materials. In: Curtis DK, eds. Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 7th ed. New York: McGraw-Hill. 2008: 1053.
8. CODEX. Fact Sheet on Codex Guideline Levels for Radionuclides in Foods Contaminated Following a Nuclear or Radiological Emergency, 2011. Available at http://www.fao.org/crisis/27242-Obfef658358a6ed53980a5eb5c80685ef.pdf, accessed Oct 26, 2011.
9. CODEX. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Codex Stand 193-1995), 2010. Available at http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/, accessed Oct 26, 2011.
10. สำนักงานมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อมูลการบริโภคอาหารของคนไทย. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 2549.
11. Ministry of Health, Labour and welfare, Notice No. 0317 Article 3 of the Department of Food Safety, March 17, 2011. Available at http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000

01558e-img/2r98520000015av4.pdf, accessed March 22, 2011.

12. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการประชุมคณะอนุกรรมการพิจารณากำหนดคุณภาพมาตรฐานและหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขในการควบคุมอาหาร ครั้งที่ 9-5/2554 วันที่ 29 มีนาคม 2554. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2554.
13. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี. คัดจากราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 128 ตอนพิเศษ 42 ง. ลงวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2554. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.
14. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการประชุมคณะกรรมการอาหาร ครั้งที่ 8-2/2554 วันที่ 7 เมษายน 2554. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2554.
15. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 341) พ.ศ. 2555 เรื่อง กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าอาหารที่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี. คัดจากราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 62 ง. ลงวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2555. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.
16. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการประชุมคณะกรรมการอาหาร ครั้งที่ 9-3/2554 วันที่ 18 เมษายน 2554. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2554.
17. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการประชุมคณะกรรมการอาหาร ครั้งที่ 10-4/2554 วันที่ 30 มิถุนายน 2554. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข. 2554.
18. สำนักอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการประชุมคณะกรรมการอาหาร ครั้งที่ 1-1/2555 วันที่ 5 มีนาคม 2555. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข. 2555.