

ความปลอดภัยในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลืองกับปริมาณ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

พัชรวรรณ จงมีวาสนา อรรวรรณ พัฒนกิจจารักษ์ และกนกพร อธิสุข

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ น้ำมันถั่วเหลืองได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกวัย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีประโยชน์สูง ราคาถูกและมีจำหน่ายทั่วไป แต่ถั่วเหลืองเป็นพืชไร่ที่ในระหว่างการเพาะปลูกจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ดังนั้น ผู้บริโภคน้ำมันถั่วเหลืองอาจได้รับสารเคมีดังกล่าวที่อาจตกค้างในถั่วเหลืองได้ ในปี พ.ศ. 2545 จึงได้ทำการสำรวจปริมาณการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง จำแนกเป็นตัวอย่างถั่วเหลืองจากแหล่งจำหน่ายในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูก 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ตาก พิษณุโลก และนครสวรรค์ รวม 35 ตัวอย่าง น้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิทจากซูเปอร์มาร์เก็ต 14 ตัวอย่าง และน้ำมันถั่วเหลืองที่ขายในตลาดสดเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 16 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองทุกตัวอย่าง แต่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนคือ เอ็นโดซัลแฟน ในถั่วเหลือง 22 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 62.8 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง $<0.004-0.121$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำมันถั่วเหลืองพบเฉพาะในภาชนะบรรจุปิดสนิทเพียง 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 3.3 ปริมาณที่พบ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากคำนวณเป็นปริมาณที่ได้รับต่อคนต่อวัน โดยคิดไว้ใน 1 วัน ดื่มน้ำมันถั่วเหลือง 1 แก้ว ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จะได้รับสารเอ็นโดซัลแฟนต่ำกว่าค่าปลอดภัยที่องค์การอนามัยโลกกำหนดถึง 300 เท่า นอกจากนี้ ยังทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอ็นโดซัลแฟนที่พบในถั่วเหลืองกับปริมาณการตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต พบว่า ปริมาณเอ็นโดซัลแฟนที่พบจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารดังกล่าวในถั่วเหลืองกับสัดส่วนน้ำที่ใช้และสารนี้ไม่สลายตัวเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ดังนั้น ถึงแม้ว่าระดับการตกค้างของเอ็นโดซัลแฟนในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองจะอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ผู้ผลิตควรคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีปริมาณสารตกค้างต่ำ และมีกรรมวิธีผลิตที่สะอาด เพื่อให้ได้น้ำมันถั่วเหลืองที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

บทนำ

ถั่วเหลืองนับได้ว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ ไม่มีคอเลสเตอรอล มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และมีสารเลซิทินที่สามารถช่วยในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้และความจำ⁽¹⁾ นอกจากนี้ การบริโภคถั่วเหลืองจะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดได้อีกด้วย⁽²⁾ ด้วยคุณประโยชน์ดังกล่าวจึงทำให้

มีผู้นิยมบริโภคถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น น้ำมันถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีความนิยมจากผู้บริโภคทุกวัยเนื่องจากรับประทานง่าย ราคาถูก และมีจำหน่ายทั่วไป ทั้งในรูปแบบที่ผลิตโดยชาวบ้าน ตักแบ่งขาย และที่ผลิตเป็นน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิท แต่ถั่วเหลืองซึ่งเป็นพืชไร่ที่ปลูกมากทางตอนเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ตาก กำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก

และนครสวรรค์⁽³⁾ ในระหว่างการเพาะปลูกจำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดแมลงศัตรูสำคัญของถั่วเหลือง ได้แก่ หนอนเจาะฝัก และมวนเขียว โดยกรมวิชาการเกษตรมีคำแนะนำให้ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 2 ชนิด ได้แก่ สารเมตามิโดฟอส (methamidophos) และสารไตรอะโซฟอส (triazophos)⁽⁴⁾ ซึ่งถ้ามีการใช้สารเหล่านี้ในปริมาณมากหรือใกล้กับระยะเก็บเกี่ยวเกินไปอาจทำให้ตกค้างในถั่วเหลืองและในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบได้ จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ของกองอาหารในปี พ.ศ. 2543-2544 พบว่า น้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิท 53 ตัวอย่าง ตรวจไม่พบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทุกตัวอย่าง แต่ตรวจพบการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟน (endosulfan) ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.004 - 0.022 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 198) พ.ศ. 2543 กำหนดให้ น้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิทเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานโดยต้องไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ⁽⁵⁾ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการศึกษาข้อมูลการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อการเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นในปี พ.ศ. 2545 จึงได้ทำการสำรวจปริมาณการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองและศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบและในน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลปริมาณการตกค้างและ

ประเมินความปลอดภัยในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลืองได้ต่อไป

วัสดุและวิธีการ

ตัวอย่าง

ตัวอย่างถั่วเหลืองเก็บจากตลาดสดในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 14 แห่ง จำนวน 25 ตัวอย่าง (เมล็ดเต็ม 13 ตัวอย่าง และเมล็ดซีก 12 ตัวอย่าง) และตัวอย่างถั่วเหลืองเก็บจากตลาดสดในจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกสำคัญ ได้แก่ เชียงใหม่ ตาก พิษณุโลก และนครสวรรค์ จำนวน 10 ตัวอย่าง (เมล็ดเต็ม 6 ตัวอย่าง และเมล็ดซีก 4 ตัวอย่าง) รวมทั้งหมด 35 ตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะปิดสนิททุกตราผลิตภัณฑ์ (brand name) ที่มีจำหน่ายจำนวน 14 ตัวอย่าง และน้ำมันถั่วเหลืองที่ขายในตลาดสดเขตกรุงเทพมหานคร 8 แห่ง จำนวน 16 ตัวอย่าง รวม 30 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2544 - เมษายน พ.ศ. 2545

เครื่องมือและอุปกรณ์

Ultra Centrifugal Mill, Ultra turrax T25, Rotary evaporator, Gas Chromatograph-ECD : Shimadzu GC17A และ autosampler, Gas Chromatograph-FPD : HP 5890

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมี : Acetone (AR), Acetonitrile (AR), n-Hexane (PG), Dichloromethane (AR), Diethyl ether (AR), Dioxane (AR), Aluminum oxide 90 active neutral (AR) ขนาด 70 - 230 mesh และ Sodium sulfate anhydrous (PG) ขนาด 12 - 60 mesh (เผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง)

สารมาตรฐาน : alpha-Endosulfan (Chem Service, 99.5%), beta-Endosulfan (Chem Service, 98.0%), Endosulfan sulfate (Chem Service, 98.0%), Methamidophos (Dr. Ehrenstorfer, 96.5%) และ Triazophos (Dr. Ehrenstorfer, 87.0%)

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างถั่วเหลืองทั้งเมล็ดเต็มและเมล็ดซีกจำนวนทั้งหมด 35 ตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างถั่วเหลืองน้ำหนักประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง บดละเอียดด้วยเครื่อง Ultra Centrifugal Mill ให้มีขนาด ≤ 20 mesh ซึ่ง 40 กรัม และตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 3 กล่องหรือถุงต่อตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างโดยเทน้ำมันถั่วเหลืองจากแต่ละกล่องหรือถุงอย่างละเท่ากันมาเทรวมกันให้ได้ปริมาตรประมาณ 300 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่ง 50 กรัม

การสกัดและการทำให้บริสุทธิ์

ตัวอย่างถั่วเหลือง 40 กรัม สกัดด้วย 65% acetone/water 150 มิลลิลิตร ปั่น 2 นาทีที่ความเร็วรอบประมาณ 5,000 รอบต่อนาทีโดยใช้ Ultra turrax T25 นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วย 65% acetone/water 50 มิลลิลิตร แบ่งสารละลายที่กรองได้เป็นสองส่วน สารละลายส่วนที่หนึ่งนำไป partition กับ n-hexane ตามวิธีของ Pesticide Analytical Manual⁽⁶⁾ และทำให้บริสุทธิ์โดยผ่าน aluminum oxide column (10 กรัม aluminum oxide deactivated โดยเติมน้ำกลั่น 2 กรัม เขย่าให้เข้ากัน) ซะด้วย n-hexane ตามวิธีของ Sission และคณะ⁽⁷⁾ นำไปวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สารละลายส่วนที่สองนำไป partition กับ dichloromethane/hexane ตามวิธีของ

Pesticide Analytical Manual⁽⁶⁾ นำไปวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม สกัดด้วยสารละลายผสมของ acetonitrile : acetone : dioxane : diethyl ether (3:1:1:1) 150 มิลลิลิตร ตามวิธีของ Onley⁽⁸⁾ กรองผ่านกระดาษกรองแล้วแบ่งสารละลายเป็นสองส่วน สารละลายส่วนที่หนึ่งหลังจาก partition กับ n-hexane และนำไปทำให้บริสุทธิ์ตามวิธีของ Sission และคณะ เช่นเดียวกับในถั่วเหลือง นำไปวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สารละลายส่วนที่สองนำไประเหยเปลี่ยนตัวทำละลายเป็น acetone นำไปวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

การตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ใช้เครื่องมือ Gas Chromatograph-Electron Capture Detector (GC-ECD), Shimadzu GC17A และ autosampler โดยใช้ analytical column : PAS-1701 ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร film thickness 0.25 ไมโครเมตร ใช้ flow rate ของ carrier gas : helium 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที และ detector make up gas : nitrogen 40 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งอุณหภูมิของ injector และ detector ที่ 250 และ 300 องศาเซลเซียสตามลำดับ ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิของ oven เริ่มที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 205 องศาเซลเซียส ในอัตรา 30 องศาเซลเซียสต่อนาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 260 องศาเซลเซียส ในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิที่ 260 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ปรับความไว (sensitivity) ของเครื่องโดยใช้สารมาตรฐาน

heptachlor epoxide ปริมาณ 0.01 นาโนกรัม ให้
ได้ความสูงร้อยละ 50 ของ full scale deflection

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน-
ฟอสฟอรัส ใช้เครื่องมือ Gas Chromatograph- Flame
Photometric Detector (GC-FPD), HP 5890 โดยใช้
column : DB-1701 ความยาว 30 เมตร ขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 มิลลิเมตร film thickness
0.25 ไมโครเมตร ใช้ flow rate ของ carrier gas :
nitrogen 60 มิลลิตรต่อนาที และ detector gas : air
100 มิลลิตรต่อนาที และ hydrogen 80 มิลลิตร
ต่อนาที ตั้งอุณหภูมิของ injector และ detector ที่
200 และ 220 องศาเซลเซียสตามลำดับ ตั้งโปรแกรม
อุณหภูมิของ oven เริ่มที่ 150 องศาเซลเซียส เพิ่ม
อุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ในอัตรา 10
องศาเซลเซียสต่อนาทีและคงอุณหภูมิที่ 250 องศา-
เซลเซียส นาน 20 นาที ปรับความไวของเครื่อง
โดยใช้สารมาตรฐาน chlorpyrifos ปริมาณ 1.5
นาโนกรัม ให้ได้ความสูงร้อยละ 50 ของ full scale
deflection

การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์

ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ตรวจสอบการ
ปนเปื้อนของระบบโดยการวิเคราะห์ method blank
และในระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่างทุก ๆ 10 ตัวอย่าง
จะทำการวิเคราะห์ซ้ำ (duplicate analysis) และ
ตรวจสอบประสิทธิภาพวิธีของการวิเคราะห์โดยการ
เติมสารละลายมาตรฐานของสารเอ็นโดซัลแฟน
และสารไตรอะโซฟอสลงในตัวอย่างถั่วเหลือง
และน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อหาค่าร้อยละของการกลับคืน
(% recovery)

การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเอ็นโดซัล- แฟนตกค้างในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองที่มีปริมาณการตกค้างใกล้เคียง
กับค่าเฉลี่ยและประมาณสองเท่าของค่าเฉลี่ยที่พบ
ในถั่วเหลืองทั้งหมดอย่างละ 1 ตัวอย่าง คือมี
ปริมาณเอ็นโดซัลแฟน 0.025 และ 0.053
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มาเป็นวัตถุดิบในการทำ
น้ำมันถั่วเหลือง⁽⁹⁾ โดยใช้ถั่วเหลืองเมล็ดเต็ม 200
กรัม แช่น้ำกัลัน 400 มิลลิตร นาน 4 ชั่วโมง
เทน้ำทิ้ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วบั่นทีกน้ำหนัก นำไป
ปั่นกับน้ำกัลัน 500 มิลลิตร 3 ครั้ง กรองด้วย
ผ้าขาวบาง คั้นน้ำออกจนแห้ง บั่นทีกน้ำหนักถั่ว
เหลือง และปริมาตรของน้ำมันถั่วเหลือง แล้วสู่ม
ตัวอย่างถั่วเหลืองหลังจากคั้นน้ำและน้ำมันถั่วเหลือง
ก่อนผ่านความร้อนจำนวน 3 ชั่วโมง นำน้ำมันถั่วเหลือง
ที่เหลือ ไปเคี่ยวไฟอ่อน นาน 40 นาที และให้เดือด
ต่ออีก 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น บั่นทีกปริมาตรของ
น้ำมันถั่วเหลือง ที่ได้ และสู่มตัวอย่างน้ำมันถั่ว
เหลืองหลังจากผ่านความร้อนจำนวน 3 ชั่วโมง นำไป
ตรวจวิเคราะห์

ผล

จากการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัด
ศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มออร์กาโน-
ฟอสฟอรัสในตัวอย่างถั่วเหลืองพบว่า ถั่วเหลืองทุก
ตัวอย่างตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกัน
กำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสแต่ตรวจ
พบการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟนซึ่งเป็นสาร
เคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน
จำนวน 22 ตัวอย่าง จาก 35 ตัวอย่าง โดยปริมาณ
ที่ตรวจพบจะอยู่ในช่วง <0.004 - 0.121 มิลลิกรัม
ต่อกิโลกรัมและปริมาณเฉลี่ยที่พบคือ 0.023
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่ามัธยฐาน (median)
0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณากลุ่ม
ตัวอย่างถั่วเหลืองตามแหล่งที่มาและลักษณะ

เมล็ดจะพบว่า ในถั่วเหลืองที่เก็บจากตลาดสดใน กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีปริมาณการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟนเฉลี่ยในเมล็ดเต็มและในเมล็ดซีก 0.026 และ 0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณสูงสุดตรวจพบในเมล็ดเต็มเท่ากับ 0.121 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกลุ่มตัวอย่างถั่วเหลืองที่เก็บจากจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกสำคัญทั้ง 4 จังหวัด พบว่า มีปริมาณการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟนเฉลี่ยในเมล็ดเต็มและในเมล็ดซีก 0.046 และ 0.026 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณสูงสุดตรวจพบในเมล็ดเต็มเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองนั้น พบว่า น้ำมันถั่วเหลืองทุกตัวอย่างตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส แต่ตรวจพบการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟน 1 ตัวอย่าง จาก 14 ตัวอย่างที่เป็นน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิท ปริมาณที่

ตรวจพบ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่ตกขายในตลาดสดตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิดใดทั้ง 16 ตัวอย่าง โดยผลของประสิทธิภาพวิธีที่ควบคุมคุณภาพการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งแสดงในรูปร้อยละของการกลับคืนของสารมาตรฐานเอ็นโดซัลแฟนที่ระดับ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงร้อยละ 79.1 - 100.0 (9.6% CV) และสารไตรอะโซฟอสที่ระดับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วงร้อยละ 87.7 - 117.6 (11.8% CV)

เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบและในน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้ถั่วเหลืองที่พบการตกค้างของเอ็นโดซัลแฟนนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำน้ำมันถั่วเหลืองและทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารดังกล่าวในขั้นตอนต่างๆ พบว่า ในน้ำมันถั่วเหลือง

ตารางที่ 1 ปริมาณของสารเอ็นโดซัลแฟนที่ตรวจพบในถั่วเหลืองเมล็ดเต็มและเมล็ดซีก

กลุ่มตัวอย่างถั่วเหลือง	จำนวนตัวอย่าง ตรวจพบ/ตรวจวิเคราะห์ (%)	ปริมาณที่พบตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
		พิสัย (range)	ค่าเฉลี่ย (mean)
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล			
ถั่วเหลืองเมล็ดเต็ม	8/13 (61.5)	0.005 - 0.121	0.026
ถั่วเหลืองเมล็ดซีก	10/12 (83.3)	<0.004 - 0.036	0.015
จังหวัดแหล่งปลูก			
ถั่วเหลืองเมล็ดเต็ม	2/6 (33.3)	0.038 - 0.053	0.046
ถั่วเหลืองเมล็ดซีก	2/4 (50.0)	0.023 - 0.029	0.026
รวมทั้งหมด	22/35 (62.8)	<0.004 - 0.121	0.023

ที่ทำจากถั่วเหลืองที่มีสารเอ็นโดซัลแฟน 0.025 และ 0.053 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก่อนผ่านความร้อน พบการตกค้างเฉลี่ย 0.005 และ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่หลังการต้มพบการตกค้างเฉลี่ย

0.004 และ 0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบการตกค้างในถั่วเหลืองหลังจากคั้นน้ำออกแล้วเฉลี่ย 0.008 และ 0.037 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยคำนวณเป็นน้ำหนักถั่วเหลืองเมล็ดแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารเอ็นโดซัลแฟนตกค้างในการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองที่พบการตกค้าง

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณที่พบการตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (mean ± SD)	
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
ถั่วเหลืองเมล็ดแห้ง	0.025 ± 0.002*	0.053 ± 0.002*
ถั่วเหลืองหลังจากคั้นน้ำมันถั่วเหลือง [†]	0.008 ± 0.001**	0.037 ± 0.010**
น้ำมันถั่วเหลืองก่อนผ่านความร้อน	0.005 ± 0.001**	0.008 ± 0.001**
น้ำมันถั่วเหลืองหลังผ่านความร้อน	0.004 ± 0.001**	0.007 ± 0.001**

หมายเหตุ : *วิเคราะห์ 2 ซ้ำ **วิเคราะห์ 3 ซ้ำ [†]เทียบเป็นน้ำหนักถั่วเมล็ดแห้ง

วิจารณ์

ตัวอย่างถั่วเหลืองที่จำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและในจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูก ซึ่งได้แก่ถั่วเหลืองเมล็ดซีก 16 ตัวอย่าง และเมล็ดเต็ม 19 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 35 ตัวอย่าง ตรวจพบการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟน คิดเป็นร้อยละ 62.8 โดยปริมาณเฉลี่ยและปริมาณที่พบสูงสุดของสารเอ็นโดซัลแฟนตกค้างมีค่า 0.023 และ 0.121 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการตกค้างระหว่างถั่วเหลืองเมล็ดซีกและถั่วเหลืองเมล็ดเต็มและค่าเฉลี่ยของการตกค้างระหว่างถั่วเหลืองที่จำหน่ายในกรุงเทพฯ และถั่วเหลืองที่จำหน่ายในจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกพบว่า ค่าเฉลี่ยดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ถ้าจำนวนตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นมากกว่านี้ อาจพบว่ามีความแตกต่างได้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการ

ตกค้าง เฉลี่ยและปริมาณการตกค้างสูงสุดที่พบสารเอ็นโดซัลแฟนในตัวอย่างถั่วเหลืองกับค่ากำหนด (Codex's Maximum Residue Limit, MRL) 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁽¹⁰⁾ จะพบว่ามีย่าน้อยกว่าประมาณ 40 เท่า และ 8 เท่า ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถั่วเหลืองที่จำหน่ายทั้งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและในจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกนั้นมีความปลอดภัยในการบริโภค

ในการตรวจวิเคราะห์น้ำมันถั่วเหลืองโดยเก็บตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิททุกตราผลิตภัณฑ์ (brand name) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและที่ดักแบ่งขายในตลาดสดตรวจพบการตกค้างสารเอ็นโดซัลแฟนเพียง 1 ตัวอย่างในน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิท ปริมาณ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่พบนี้เป็นชนิดเดียวกันกับที่พบตกค้างในถั่วเหลือง

เมื่อพิจารณาสถานการณ์การตกค้างในปี 2545 เปรียบเทียบกับอัตราการตรวจพบการตกค้างสารเอ็นโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิทจากข้อมูลผลการวิเคราะห์ของกองอาหารในปี พ.ศ. 2543-2544 ซึ่งมีอัตราการตรวจพบการตกค้างสารเอ็นโดซัลแฟนประมาณร้อยละ 9 และปริมาณที่พบในช่วง 0.004 - 0.022 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่าสถานการณ์การตกค้างมีแนวโน้มดีขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้ผลิตน้ำมันถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุปิดสนิทซึ่งเป็นผู้ผลิตระดับอุตสาหกรรมได้เริ่มมีการนำระบบควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ระบบ HACCP มาใช้ ทำให้มีการควบคุมคุณภาพถั่วเหลืองที่ใช้เป็นวัตถุดิบมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ผู้ผลิตหรือผู้ส่งวัตถุดิบถั่วเหลืองให้โรงงานต่าง ๆ เหล่านี้มีการจัดการในการลดหรือควบคุมปริมาณการใช้สารต่าง ๆ ที่อาจตกค้างในถั่วเหลือง ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้บริโภค

ในการประเมินความปลอดภัยในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลือง เมื่อนำค่าที่ตรวจพบการตกค้างเปรียบเทียบกับค่าปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก (WHO's Acceptable Daily Intake, ADI) ซึ่งกำหนดปริมาณสารเอ็นโดซัลแฟนมีค่าเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม⁽¹⁰⁾ พบว่า ถ้าให้ผู้บริโภคที่มีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ดื่มน้ำมันถั่วเหลืองที่มีการตกค้างสารเอ็นโดซัลแฟน 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วันละประมาณ 250 มิลลิตร จะได้รับสารเอ็นโดซัลแฟน 0.02 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะเห็นว่าผู้บริโภคจะได้รับปริมาณสารดังกล่าวน้อยกว่าค่าปลอดภัยถึง 300 เท่า จากผลการศึกษา ถึงแม้ว่าผู้บริโภคดื่มน้ำมันถั่วเหลืองจะปลอดภัยจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างแต่อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงสุขลักษณะในการผลิตหรือสุขลักษณะของผู้ขายอีกด้วย

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบและในน้ำมันถั่วเหลืองที่เป็นผลิตภัณฑ์ในการทดลองใช้สัดส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำมันประมาณ 1:7 และพบว่า ปริมาณการตกค้างที่พบในน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าประมาณ 1 ใน 7 ของปริมาณที่พบในถั่วเหลือง สรุปได้ว่า ปริมาณของสารเอ็นโดซัลแฟนที่พบในน้ำมันถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับปริมาณที่พบในถั่วเหลืองกับสัดส่วนของน้ำที่ใช้ในการผลิต และปริมาณของสารตกค้างดังกล่าวจะไม่ลดลงเมื่อผ่านความร้อน แต่ถ้าในการทำน้ำมันถั่วเหลืองใช้น้ำในสัดส่วนที่มากขึ้นอาจทำให้ตรวจไม่พบการตกค้างของสารเอ็นโดซัลแฟนได้ เนื่องจากปริมาณสารตกค้างถูกเจือจางจนต่ำกว่า 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็น limit of detection (LOD) ของวิธี นอกจากนี้ยังพบว่า ถึงแม้สารเอ็นโดซัลแฟนที่ตกค้างในถั่วเหลืองส่วนใหญ่จะออกมากับน้ำมันถั่วเหลือง แต่ยังมีส่วนหนึ่งที่ยังคงตกค้างอยู่ในถั่วเหลืองหลังจากคั้นน้ำออกแล้วและเมื่อคิดเป็นน้ำหนักถั่วเหลืองเริ่มต้นอาจพบว่ามีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณที่พบในถั่วเหลืองได้ ดังนั้น การนำถั่วเหลืองที่เหลือจากการทำน้ำมันถั่วเหลืองดังกล่าวไปเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์จึงควรคำนึงถึงปริมาณสารตกค้างดังกล่าวที่จะปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและย้อนกลับมาหาผู้บริโภคได้อีกด้วย

สรุป

เพื่อให้ทราบความปลอดภัยในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลือง จึงสำรวจปริมาณการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในถั่วเหลือง 35 ตัวอย่าง และในน้ำมันถั่วเหลือง 30 ตัวอย่าง ในปี พ.ศ. 2545 ผลการสำรวจ ตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน-

ฟอสฟอรัสในทุกตัวอย่าง และตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเพียงชนิดเดียวคือ สารเอ็นโดซัลแฟนตกค้างทั้งในถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองแต่พบปริมาณการตกค้างอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น อาจสรุปได้ว่า ผู้บริโภคมีความปลอดภัยในการบริโภคถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง แต่อย่างไรก็ตาม ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากถั่วเหลืองนั้น ควรคัดเลือกวัตถุดิบที่ดีมีคุณภาพและมีกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากถั่วเหลืองและมีความปลอดภัยอย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- Safford F, Baumel B. Testing the effects of dietary lecithin on memory in the elderly : an example of social work/medical research collaboration. *Research On Social Work Practice*. 1994; 4 : p. 349 - 58.
- O'Brien BC, Andrews VG. Influence of dietary egg and soybean phospholipids and tri-acylglycerols on human serum lipoprotein. *Lipids*. 1993; 28 : p. 7 - 12.
- สำนักการศึกษาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. นโยบายและมาตรการถั่วเหลือง; 2545, 3 - 9.
- กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2543 : หน้า 38 - 43.
- พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 198 (พ.ศ. 2543) ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 6 ง. ลงวันที่ 24 มกราคม 2544.
- Makovi CM and McMahon BM editors. *Pesticide Analytical Manual Volume I*. 3rd ed. U.S. Food and Drug Administration, 1994 : p. 302-5, 303-9.
- Sission DJ, Telling GM, Usher CD. A rapid and sensitive procedure for the routine determination of organochlorine residues in vegetables. *J Chromatog*. 1968; 33 : 435 - 49.
- Onley JH. Rapid method for chlorinated pesticide residues in fluid milk. *J AOAC*. 1964; 47(2): p. 317 - 21.
- ธนาคม ท. ตำรับอาหารเจ 108. กรุงเทพฯ : หอรัตนชัยการพิมพ์, 2533 : 95.
- Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO food standards programme. Codex committee on pesticide residues. Thirty-second session. CX/PR 00/5 April 2000.

Safety of Soymilk Consumption and Pesticide Residues

Pacharawan Jongmeevasana Orawan Pattanakitjaruk and Kanokporn Atisook

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Soymilk is now popular among Thai consumers because of its high nutritious value with low price and widely available. It is made from soy bean that pesticides are necessarily used for the crops. In the year 2002, 35 soy bean and 30 soymilk samples were monitored for pesticide residues. Soy bean samples from Bangkok and 4 other provinces which are Thailand major-planted area; Chiang Mai, Tak, Phitsanulok and Nakhon Sawan were collected and determined for organochlorine and organophosphorus pesticide residues by gas chromatography. Fourteen packaged and 16 fresh soymilk samples sold in supermarket and retail market were also collected and determined the residues. The results showed that organophosphorus pesticide residues were not detected in any soy bean and soymilk samples. Endosulfan, an organochlorine pesticide, were detected in 22 soy bean samples (62.8%) and 1 seal-packaged soymilk sample (3.3%). The amount of endosulfan was detected in soy bean in the range of <0.004–0.121 mg/kg and soymilk at the level of 0.004 mg/kg. According to WHO's Acceptable Daily Intake (ADI), the daily intake of endosulfan calculated by the assumption of drinking 1 cup (250 ml) per day of the sample was safe (300 times lower than ADI). In addition, the relationship of endosulfan quantity in soy bean and soymilk was studied. It was found that endosulfan was heat stable and the level of the residue in soymilk depended on the contamination level in soy bean and water dilution. Although the amount of pesticide residues found in this study were safe for consumers, the quality of raw material and sanitary practice of soymilk production should be considered.

Key words : Soymilk, Soy bean, Pesticide residues, GC, Endosulfan