

บทวิจารณ์การตรวจประเมินสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี Near Infrared Spectroscopy for Assessment of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables: A review.

พิเชษฐ์ น้อยมณี¹ รัฐพล พรประสิทธิ์¹ วรณวรงค์ พัฒนะโพธิ์¹ และ ปาริชาติ เทียนจุมพล¹
Pichet Noimane¹, Rattapol Pompasit¹, Wanwarang Pattanapo¹ and Palichat Theanjumpon¹

Abstract

This review aims at to support evaluation of pesticide residues by using near infrared spectroscopy in agricultural produce, with particular emphasis on fruits and vegetables. Near infrared spectroscopy is the recommended detection technique for measurement pesticide residue due to fast measure, low cost, accuracy and no chemical. Many research studies demonstrate the great potential of NIR for quality assurance on pesticide industry produce. However, a few published studies of NIR spectroscopy technique models for predicting pesticide residues in fruits and vegetables for sample determination of chlorpyrifos residue in white radish, Measurement of pesticide residue in vegetables, peppers and lettuces.

Keywords: near infrared spectroscopy, fruits and vegetables, pesticide residues

บทคัดย่อ

บทวิจารณ์นี้มีเป้าหมายที่จะสนับสนุนการตรวจประเมินสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผักและผลไม้ เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีได้รับการแนะนำให้ใช้ในการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตภัณฑ์เกษตรเพราะวัดได้อย่างรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ มีความแม่นยำสูง และไม่ใช้สารเคมี มีหลายผลงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี สำหรับการประกันคุณภาพของการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชในระดับอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยส่วนน้อยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีโมเดลสำหรับการทำนายสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ ยกตัวอย่าง การวัดสารคลอไพริฟอสที่ตกค้างในหัวไชเท้า การวัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก พริกและผักกาดหอม เป็นต้น

คำสำคัญ: เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ผักและผลไม้ สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

บทนำ

ปัญหาเรื่องสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตมีปริมาณเกินกว่ามาตรฐานกำหนดในผักและผลไม้ที่วางจำหน่ายในตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศได้ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างที่ตรวจพบ มากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชศัตรูพืชในกลุ่มไพริทรอยด์ และรองลงมาเป็นสารในกลุ่มออร์กาโน-ฟอสเฟต สารกลุ่มไพริทรอยด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างพืช ผัก ผลไม้ มากที่สุด มี 2 ชนิด ได้แก่ สารไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) และแลมดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตรวจพบมากที่สุด ได้แก่ สารคลอไพริฟอส (chlorpyrifos) สารไตรอะโซฟอส (triazophos) นอกจากนี้ยังตรวจพบสารในกลุ่มนี้อีกหลายชนิด เช่น โพรเฟนโนฟอส (profenophos) ไดเมทโทเอท (dimethoate) ไดอะซีนิน (diazinon) ไดโครโทฟอส (dicrotophos) อีไธออน (ethion) มาลาไธออน (malathion) เป็นต้น และที่น่าเป็นห่วง คือ การตรวจพบสารที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้แก่ เอ็นโดซัลแฟน (endosulfan) พาราธาออน-เมทิล (parathion-methyl) โมโนโครโทฟอส (monocrotophos) และเมทามิโดฟอส (methamidophos ในมะนาว พริก หน่อพริกขี้หนู และผลไม้รสเปรี้ยวและผลไม้รสหวานคุณภาพ กรมวิชาการเกษตร, 2553) ซึ่งเห็นว่าการผลิตผักและผลไม้ของเกษตรกรไทยมุ่งเน้นการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณและรักษาคุณภาพ (ลักษณะทางกายภาพ) ทำให้ละเลยด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค ทำให้มีสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ในปริมาณที่เกินกว่ามาตรฐาน ในปัจจุบันจะใช้วิธีการสกัดสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง (สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, pesticide) ที่ใช้อยู่ปัจจุบันได้แก่ QuEChERS method (Anastasiades et al., 2003), positive list method (Department of Food Safety, 2006) และ Steinwandter method (Steinwandter, 1985) ซึ่งการสกัดนั้นจะต้องทำลายผลิตภัณฑ์ให้เหลือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์เสียหาย การตรวจวิเคราะห์บางอย่างต้องใช้เวลานาน และใช้สารเคมีจำนวนมาก อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์ค่อนข้างสูง มีขั้นตอนและกระบวนการที่ซับซ้อน และต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และความชำนาญในการวิเคราะห์ ส่วนการประยุกต์ใช้ NIRS ในการตรวจประเมินสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้จะช่วยให้การตรวจวิเคราะห์ที่มีความรวดเร็ว แม่นยำ ตรวจวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ต้นต้นและสามารถลดต้นทุนได้

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Research Institute/Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Near infrared spectroscopy, NIRS)

NIRS เป็นเทคนิคที่ใช้คลื่นแสงแม่เหล็กไฟฟ้าในการตรวจสอบของตัวอย่างโดยไม่ทำลาย (non-destructive technology) ใช้แสงช่วงความยาวคลื่น 700 – 2500 นาโนเมตร ซึ่งใช้เวลาสั้นๆ ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต (Osborne *et al.*, 1993) โดยใช้การตรวจวัดความเข้มแสงที่ถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลขององค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงมาหาความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อให้ได้สมการในการทำนายปริมาณสารชนิดนั้นๆ เมื่อฉายแสงในช่วงความยาวคลื่น NIR ลงไปบนตัวอย่าง แสงจะถูกดูดกลืนโดยกระตุ้นให้เกิดการสั่นของโมเลกุลใน functional groups ต่างๆ 2 ลักษณะ คือ การยืดหด (stretching) และ การเปลี่ยนมุม (bending) ช่วงความถี่ overtones และ combination ของหมู่ฟังก์ชัน O-H, C-H, N-H และ O=H ซึ่งเป็นโมเลกุลหลักของสารอินทรีย์ ถ้าโครงสร้างโมเลกุลของสารตัวอย่างที่ตรวจวัดมีความซับซ้อนสเปกตรัมที่ได้จะยิ่งมีการซ้อนทับกันมากขึ้น เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชที่มีอยู่ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชัน C-H และ N-H เป็นหลัก สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิค NIR เพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างประเภทสารกำจัดศัตรูพืช อาทิ Zhou *et al.* (2009) หาสาร chlorpyrifos ที่ตกค้างในหัวไชเท้าขาว และสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำผัก (Wu *et al.*, 2009) ผักกาดหอม (Hiroaki *et al.*, 2001) ในมะเขือเทศ (Saranwong and Kawano, 2005) และพริก (Sanchez *et al.*, 2009)

การตอบสนองของสารกำจัดศัตรูพืชต่อคลื่นเนียร์อินฟราเรด (Response of pesticide on NIR)

การตอบสนองของสารกำจัดศัตรูพืชต่อคลื่นเนียร์อินฟราเรดจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1,100 – 2,600 nm (4,000 cm^{-1} ถึง 9,090 cm^{-1}) เช่น สาร chlordecone ตอบสนองในช่วงความยาวคลื่น 1,470–1,480, 1,710–1,720, 1,780–1,800, 1,830–1,840 และ 2,036 – 2,380 nm (Shenk *et al.*, 2001), การตอบสนองของสารกำจัดศัตรูพืชในช่วงคลื่น 1,110 ถึง 2,497 พบว่า buprofezin ตอบสนองในช่วง 1,657-1,784, 2,231-2,430, diuron 1,619-1,790, 1,974-2,619 และ daminozide 1,644-1,772, 2,014-2,607 (Armenta *et al.*, 2007) เป็นต้น ดัง Figure 1

Region (nm)	Baseline	Spectra pre-treatment	Factors ^a	R ^{2b}	RMSECV (% w/w) ^c	RMSEP (% w/w) ^d	
Buprofezin 1110–2497	None	None	1	0.94	3.70	7.3	
	None	1st derivative	2	0.96	3.44	4.0	
	Linear removed	None	4	0.99997	3.63	5.3	
	Linear removed	1st derivative	3	0.9996	3.65	5.7	
	2231–2430, 1657–1784	None	None	2	0.96	4.45	9.1
		None	1st derivative	4	0.9998	3.55	5.8
		Linear removed	None	4	0.9994	3.71	1.1
		Linear removed	1st derivative	4	0.9997	3.18	2.0
Diuron 1110–2497	None	None	4	0.87	4.24	3.0	
	None	1st derivative	2	0.991	1.34	1.9	
	Linear removed	None	1	0.99	1.12	1.9	
	Linear removed	1st derivative	1	0.991	1.07	1.7	
	1619–1790, 1974–2619	None	None	3	0.993	3.59	2.9
		None	1st derivative	3	0.9997	1.41	2.5
		Linear removed	None	1	0.99	1.22	2.1
		Linear removed	1st derivative	3	0.9998	1.18	2.2
Daminozide 1110–2497	None	None	4	0.9999	0.50	0.8	
	None	1st derivative	3	0.999	1.36	1.0	
	Linear removed	None	3	0.9999	0.35	1.6	
	Linear removed	1st derivative	4	0.9999	1.30	2.0	
	1644–1772, 2014–2607	None	None	4	0.9993	1.31	0.7
		None	1st derivative	4	0.9993	3.16	3.1
		Linear removed	None	4	0.9999	0.84	0.8
		Linear removed	1st derivative	4	0.9999	1.02	1.2

a The number of factors were chosen in order to obtain the minimum PRESS
 b R² is the correlation coefficient of the regression line between predicted and actual values of analyte concentration in the calibration set.
 c Root mean square error for cross validation (% w/w).
 d Root mean square error for prediction (% w/w) found from the comparison with results obtained by HPLC.

Figure 1 Analytical features of PLS/NIR determination of pesticide using difference models base on the use of fortified samples for calibration

วิธีการประเมินสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในผลิตผลเกษตร (Methodology for pesticide residue evaluation)

วิธีที่ใช้ในการประเมินปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตผลมีอยู่หลายวิธีด้วยกันในปัจจุบัน ซึ่งแต่ละวิธีมีความแม่นยำ ซับซ้อนและรวดเร็วที่แตกต่างกัน เช่น วิธี enzyme linked immunoassay (Bank and Hernandez, 2003) วิธี gas chromatography (Zhang *et al.*, 2007) วิธี solid chromatography (Curwin *et al.*, 2007) วิธี GC–mass spectrometry (MS) (Díaz-Cruz and Barceló, 2006) และ วิธี liquid chromatography (LC)–MS (Bicker *et al.*, 2005) ในการตรวจประเมินหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ ซึ่งวิธีการตรวจประเมินดังกล่าวนี้จะต้องใช้วิธีการสกัดสารพิษตกค้างในผลิตผลต่างๆ เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง (สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, pesticide) ด้วยวิธีการสกัด (extraction) ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ได้แก่ QuEChERS method, positive list method และ Steinwandter method ก่อนนำไปตรวจ

วิเคราะห์สารตกค้างด้วยวิธีการต่างๆ ข้างต้น ซึ่งปัจจุบัน มีงานวิจัยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี near infrared spectroscopy (NIRS) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้

การนำเทคนิค NIRS มาใช้ประโยชน์ในการหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง (Application in pesticide residue evaluation)

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี มีวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง NIRS ปัจจุบันมีด้วยกัน 4 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 dry-extract system for infrared (DESIR) โดยใช้กระดาษกรอง glass micro fiber เส้นผ่านศูนย์กลาง 37 mm. โมเดล GF/A นำไปวางไว้ใน Falcon disposal polystyrene (PS) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 mm. หยดด้วย 2 ml ของสารละลายมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชในอะซีโตนลงบนกระดาษกรองแล้วทำให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมงในที่ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่าง แล้วนำไปไว้ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงก่อนนำกระดาษกรองไปตรวจวิเคราะห์ (Saranwong and Kawano, 2005; Saranwong and Kawano, 2007; Sanchez *et al.*, 2009; Meurens, 1987) วิธีที่ 2 วิธีการตรวจวิเคราะห์โดยใช้น้ำคั้นจากผลิตภัณฑ์นั้น (Sanchez *et al.*, 2009) วิธีที่ 3 วิธีการสับละเอียดแล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ (Zhou *et al.*, 2009) และวิธีที่ 4 วิธีวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง โดยนำผลิตภัณฑ์มาทำการตรวจประเมินหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง (Sanchez *et al.*, 2009; Hiroaki, 2001) ซึ่งแต่ละวิธีจะมีการตอบสนองต่อคลื่น NIR ที่แตกต่างกัน ดัง Figure 2

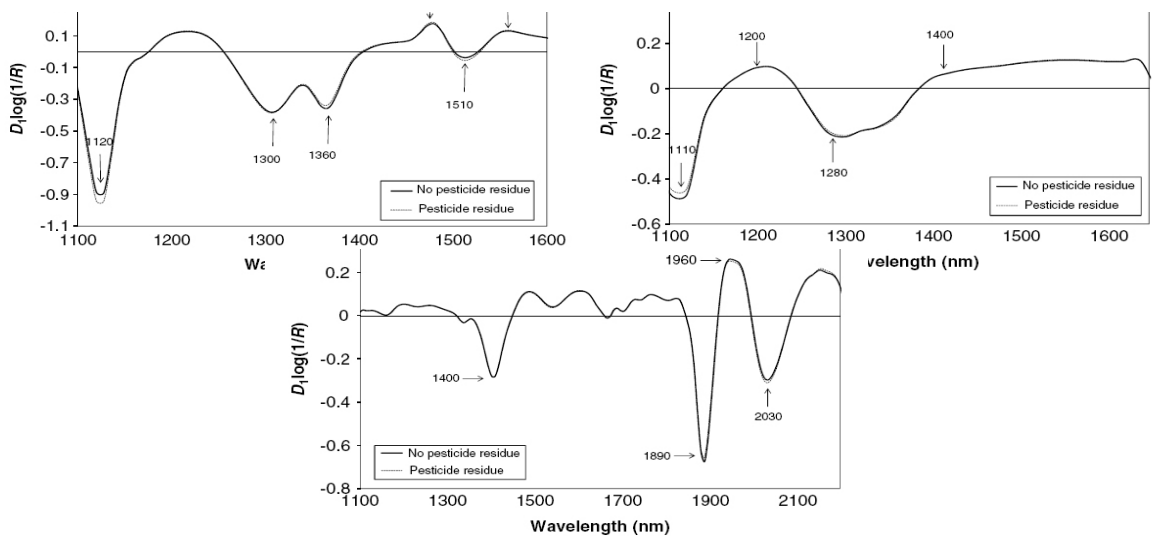


Figure 2 Best-signal math pretreatments for different sample presentations.

การหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

กลุ่มที่ 1 Organophosphorus ประยุกต์ใช้ NIR ในการหาเมตามิโนฟอส (methamidophos; $C_2H_8NO_2PS$) ในพริกและผักทานใบ พบว่า การตอบสนองจำเกิดขึ้นในช่วงจำนวนคลื่น ตั้งแต่ $14,000\text{ cm}^{-1}$ ถึง $4,000\text{ cm}^{-1}$ นั้น มีเพียงช่วงจำนวนคลื่น $5,241\text{ cm}^{-1}$ เท่านั้นที่ตอบสนองต่อกลุ่มฟอสฟอรัส ซึ่งน่าจะเป็นช่วงคลื่นที่ตอบสนองต่อสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกลุ่ม organophosphorus (Osborne and Fearn, 1986) จากการทดลองหา methamidophos ในผักผลที่ตีที่ตีในการตอบสนองอยู่ในช่วงจำนวนคลื่น $5,237.6\text{ cm}^{-1}$ ถึง $5,239.5\text{ cm}^{-1}$ และ $5,242.6\text{ cm}^{-1}$ ถึง $5,244.5\text{ cm}^{-1}$ และในช่วงจำนวนคลื่น $6,850\text{ cm}^{-1}$ ถึง $4,650\text{ cm}^{-1}$ การตอบสนองของ NIR เปรียบเทียบกับ GC-MS มีค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.9847 ค่า RMSEC 0.111 ค่า RMSEP 0.142 และค่า SEC เท่ากับ ± 0.20 ดัง Figure 3 (Zhou *et al.*, 2004) การประยุกต์ NIR หาคลอไพริฟอส (chlorpyrifos; $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$) พบว่ามีความเป็นไปได้ที่ใช้หาปริมาณของคลอไพริฟอส ที่ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9986 และ RMSEP เท่ากับ 0.0485 (Wu *et al.*, 2009) การหาคลอไพริฟอสนั้นดีที่สุดต้องใช้โมเดล iPLS ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดมีค่า RMSEP เท่ากับ 0.1838 (Zhou *et al.*, 2009)

กลุ่มที่ 2 Pyrethroids มีการประยุกต์ใช้หา เฟนวาเลเรต (fenvalerate; $C_{25}H_{22}ClNO_3$) ในผักกาดหอม พบว่า การดูดกลืนคลื่นแสงของเฟนวาเลเรตเกิดขึ้นในช่วงจำนวนคลื่นเท่ากับ $1,697\text{ cm}^{-1}$ $1,674\text{ cm}^{-1}$ $1,623\text{ cm}^{-1}$ $1,488\text{ cm}^{-1}$ $1,427\text{ cm}^{-1}$ $1,389\text{ cm}^{-1}$ และ $1,230\text{ cm}^{-1}$ ผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLS ของ NIR ได้ค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.90 และ SEC เท่ากับ 0.28 ที่ความเข้มข้น 2.0 ppm (Hiroaki, 2001)

กลุ่มที่ 3 Carbamates ใช้ NIR ในการหาเมโทมิล (methomyl; $C_5H_{10}N_2O_2S$) ในผักกาดหอม พบว่า การดูดกลืนคลื่นแสงของเมโทมิลจะเกิดขึ้นที่จำนวนคลื่นเท่ากับ $1,565\text{ cm}^{-1}$ $1,244\text{ cm}^{-1}$ $1,157\text{ cm}^{-1}$ และ $1,093\text{ cm}^{-1}$ ผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PLS ของ NIR ได้ค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.98 และ SEC เท่ากับ 0.62 ที่ความเข้มข้น 0.5 ppm (Hiroaki, 2001)

กลุ่มที่ 4 Organochlorines กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่มีโมเลกุลประกอบไปด้วยคาร์บอน (C) คลอรีน (Cl) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการนำ NIR ใช้หาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้แต่มีการใช้หาสารที่ตกค้างในดิน ได้แก่ chlordecone (kepone; C₁₀Cl₁₀O) เป็นต้น

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้การสนับสนุนและให้คำแนะนำ และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการเขียนบทวิจารณ์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุขและศูนย์วิจัยพิษสวนกาญจนาภิเษกกรมวิชาการเกษตร. 2553. คนไทยเสี่ยงบริโภคสารปนเปื้อนในอาหารสูงอัตราการเจ็บป่วยจากโรคติดเชื้อที่เกิดจากน้ำและอาหารที่ไม่สะอาด ปีละประมาณ 2 ล้านราย. [ONLINE]. Available source : http://www.thailabonline.com/food_safety.htm
- Amenta S., S. Garrigues and M. Guardia. 2007. Partial least squares-near infrared determination of pesticides in commercial formulations. *Vibrational Spectroscopy* 44:273-278.
- Anastasiades, M., S.J. Lenhotay, D. Stajbaher and F.J. Schenck. 2003. Fast and easy multiresidues employing acetonitrile extraction/partition and “dispersive solid-phase extraction” for determination of pesticide residues in produce. *J. AOAC*. 86 (2):412-421.
- Banks, K. E. and S. Hernandez. 2003. Evaluation and validation of commercially available enzyme-linked immunosorbent assay (ELISAs) specific for atrazine, chlorpyrifos, and diazinon in aqueous phase. *Talanta* 61: 257–265.
- Bicker, W., M. Lammerhofer and W. Lindner. 2005. Determination of chlorpyrifos metabolites in human urine by reversed-phase weak anion exchange liquid chromatography–electrospray ionization–tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. B*. 822: 160–169.
- Curwin, B. D., M. J. Hein, W. T. Sanderson, C. Striley, D. Heederik, H. Kromhout, S. J. Reynolds and M. C. Alavanja. 2007. Pesticide dose estimates for children of Iowa farmers and non-farmers. *Environ. Res.* 105: 307–315.
- Department of Food Safety. 2006. Analytical Methods for Residual Compositional Substances of Agricultural Chemical, Feed Additives, and Veterinary Drugs in Food. Department of Food Safety, Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare (Syoku-An No.0124001, January 24, 2005. Final amendments were made on May 26, 2006.).
- Diaz-Cruz, M. S. and D. Barcelo. 2006. Highly selective sample preparation and gas chromatography–mass spectrometric analysis of chlorpyrifos, diazinon and their major metabolites in sludge and sludge-fertilized agricultural soils. *J. Chromatogr. A*. 1132: 21–27.
- Hiroaki I., N. Toyonori and T. Eiji. 2001. Measurement of pesticide residues in food based on diffuse reflectance IR spectroscopy. *IEEE Instrumentation and Measurement Society* 51(5): 886 – 890.
- Meurens M., O. Eynde Den Van and M. Vanbelle. 1987. Fine analysis of liquids by NIR reflectance spectroscopy of dry extract on solid support (DESIR). In J. Hollow, K.J. Kaffka and J.L. Goncczy (eds.). *Near Infrared Diffuse Reflectance/Transmittance Spectroscopy*. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary. 297p.
- Osborne B.G. and T. Feam. 1986. *Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis*. Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Osborne B.G., T. Feam and P.T. Hindle. 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis*. 2nd ed. Longman Scientific & Technology, Harlow. 227p.
- S´anchez M.T., K. Flores-Rojas, J.E. Guerrero, A. Garrido-Varo and D. P´erez-Marin. 2009. Measurement of pesticide residues in peppers by near-infrared reflectance spectroscopy. *Pest manag Sci* 66: 580 – 586.
- Saranwong, S. and S. Kawano. 2005. Rapid determination of fungicide contaminated on tomato surfaces using the DESIR-NIR : a system for ppm-order concentration. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 13(3): 169-175.
- Saranwong, S. and S. Kawano. 2007. The reliability of pesticide determinations using near infrared spectroscopy and dry-extract system for infrared (DESIR) technique. *J. Near Infrared Spectrosc.* 15:227-236.
- Shenk, J. S., J.J. Workman and M.O. Westerhaus. 2001. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. In: D. A. Burns, and E. W. Ciurczak (eds.). *Handbook of Near-Infrared Spectroscopy*. 2nd ed. Marcel Dekker Inc., New York. p419–474.
- Steinwandter H. 1985. Universal 5 min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. *Fresenius Z Anal. Clumie*. 752-724p.
- Wu, J., C. Liu, Y. Chen, Y. Chen and Y. Xu. 2009. Study on detection technology pesticide residue in vegetables base on NIR. In D. Li and Z. Chunjiang (eds.). *IFIP International Federation for Information Processing, Volume 295, Computer and Computing Technologies in Agriculture II* 3: 2217–2222.
- Zhang, Z., X. Liu, X. Yu, C. Zhang and X. Hong. 2007. Pesticide residues in the spring cabbage (*Brassica oleraceal L. var. capitata*) grown in open field. *Food Control* 18: 723–730.
- Zhou, Y., X. Bingren, W. Zhengwu and C. Changyun. 2009. Determination of chlorpyrifos residue by near-infrared spectroscopy in white radish based on interval partial least square (iPLS) model. *Analytical Letters*, 42: 10, 1518 -1526.
- Zhou X.Y. and C.Z. Lin. 2004. Rapid identification of organophosphorus pesticide residue in vegetables by FT-NIR. *Food Science*, 25(5):151-154.