

การตรวจหาปริมาณวัฏภูมิพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตสังเคราะห์
ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน

ปริิฎฎานิพนธ์

ของ

จิตรระการ เอกกมลกุล

หอสมตคตลา๑
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เสนอกรมทาวิตยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริิฎฎากการศึกษามหาบัณฑิต

11 มีนาคม 2519

การตรวจหาปริมาณวัตถุพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตส์บางชนิด
ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักกะน้า และผักบุ้งจีน

บทคัดย่อ

ของ

จิตติระการ เอกภมฉกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยเกรีนกรีนทร วิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

11 มีนาคม 2519

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหาปริมาณวัตถุพิษพวก ออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด คือ ไดอาซินอน อีไรซอน มาลาไรซอน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน ฟอสคริน และ ไทรไรซอน ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักกะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่างผักจากตลาดสดในเขต กรุงเทพมหานคร จำนวนผักทั้งหมด 120 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างผักกาดหอม 40 ตัวอย่าง ผักกะน้า 40 ตัวอย่าง และผักบุ้งจีน 40 ตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุพิษโดย gas - liquid chromatography และยืนยันผลการทดลองด้วย thin - layer chromatography จากผลของการเก็บได้ตรวจพบวัตถุพิษตกค้างในตัวอย่างผักกาดหอมเป็นร้อยละ 39.17 ของตัวอย่างผักทั้งหมด

จำนวนตัวอย่างผักกะน้าที่มีออร์แกนโนฟอสเฟตส์ตกค้างมากกว่า ผักกาดหอมและผักบุ้งจีน คือคิดเป็นร้อยละ 22.5 จากผักทั้งหมด 120 ตัวอย่าง หรือ ร้อยละ 67.5 จากผักกะน้า 40 ตัวอย่าง โดยมียอดละ 15 ของตัวอย่างผักชนิดนี้ มีฟอสครินตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่าระดับ residue tolerance คือ 1 ppm ลำดับตามจำนวนตัวอย่างผักกะน้าจากมากไปน้อยที่มี ออร์แกนโนฟอสเฟตส์เหล่านี้ตกค้าง คือ ไดอาซินอน ฟอสคริน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน และอีไรซอน มาลาไรซอน

จำนวนตัวอย่างผักกาดหอมที่มีออร์แกนโนฟอสเฟตส์ตกค้างคิดเป็นร้อยละ 8.33 จากผักทั้งหมด 120 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 25 จากผักกาดหอม 40 ตัวอย่าง โดยมียอดละ 7.5 ของตัวอย่างผักชนิดนี้มีฟอสครินตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่าระดับ residue tolerance คือ 1 ppm และร้อยละ 2.5 ของผักชนิดนี้มี เมทริลพาราไรซอนตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่าระดับ residue tolerance คือ 1 ppm ลำดับตามจำนวนตัวอย่างผักกาดหอมจากมากไปน้อยที่มี ออร์แกนโนฟอสเฟตส์เหล่านี้ตกค้าง คือ ฟอสคริน ไดอาซินอน และมาลาไรซอน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน ไทรไรซอน

จำนวนตัวอย่างผักบุ้งจีนที่มีออร์แกนโนฟอสเฟตส์ตกค้างคิดเป็นร้อยละ 6.33 จากผักทั้งหมด 120 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 25 จากผักบุ้งจีน 40 ตัวอย่าง โดยมียอดละ 10 ของตัวอย่างผักชนิดนี้ มีฟอสครินตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่าระดับ residue tolerance คือ 1 ppm ลำดับตามจำนวนตัวอย่างผักบุ้งจีนจากมากไปน้อยที่มี ออร์แกนโนฟอสเฟตส์เหล่านี้ตกค้าง คือ อีไรซอน ฟอสคริน และไดอาซินอน มาลาไรซอน พาราไรซอน

QUANTITATIVE DETERMINATIONS OF SOME ORGANOPHOSPHATE PESTICIDE
RESIDUES IN LETTUCE, CHINESE KALE AND CONVULVULUS

ABSTRACT

BY

JITTRAKARN EKKAMOLK JL

Presented in partial fulfillment of the requirement
for the Master of Education Degree
at Sri Nakharinwarot University
March 11, 1976

The purpose of this study was to determine the level of seven organophosphate insecticide residues (namely Diazinon, ethion, malathion, methylparathion; parathion, Phosdrin, and trithion) in lettuce, Chinese kale and convolvulus. A total of 120 samples, for instance; 40 samples for each vegetable were collected at random from markets within the Bangkok metropolis.

Pesticide residues in vegetables were determined qualitatively and quantitatively by gas-liquid chromatography and the insecticide identity was confirmed by thin-layer chromatography. The mean values of pesticide residues in the selected vegetables was 39.17 percent.

Among these three groups of vegetables, more Chinese kale samples contained residue which accounted for a mean of 22.5 percent out of 120 vegetable samples or 67.5 percent out of 40 Chinese kale samples. Phosdrin residue found in 15 percent out of the Chinese kale samples were presented at a higher level than the residue tolerance limit of 1 ppm. The principle residues presented in consecutive numbers of samples were Diazinon, Phosdrin; methylparathion; parathion and ethion; malathion.

Lettuce samples contained residues which accounted for a mean of 8.33 percent out of 120 vegetable samples or 25 percent out of 40 lettuce samples. 7.5 percent out of the lettuce samples were contaminated with Phosdrin and 2.5 percent with methylparathion at the quantities above the residue tolerance limit of 1 ppm. The principle residues presented in consecutive numbers of samples were Phosdrin; Diazinon and malathion; methylparathion; parathion; trithion.

The same result was also found in convolvulus as in lettuce, for example, the mean numbers of samples that contained insecticide residue accounted for 8.33 percent out of 120 vegetable samples or 25 percent out of 40 convolvulus samples. Phosdrin was found present in 10 percent out of the convolvulus samples at the levels above the residue tolerance limit of 1 ppm. The principle residues presented in consecutive numbers of samples were ethion; Phosdrin and Diazinon; malathion; parathion.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติได้พิจารณาปัญหานี้จนบัดนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้.

ป.ป. ๑๖

ประธาน

ศ. เกษม ธรรมสาร

กรรมการ

11 มีนาคม 2519

ประกาศคุณูปการ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ท่านแรกคือ ท่านอาจารย์ ดร. ประยูร ติมา หัวหน้าสาขาวิชาจิตวิทยาพิชิต ประชานกรรมการที่ปรึกษาทำปริญญาโทฉบับนี้ ซึ่งได้ให้ความกรุณาแนะนำ และให้ใช้สถานที่ทดลองพร้อมทั้งเครื่องมือทำการทดลอง ผู้ให้ความกรุณาช่วยเหลืออีกท่านหนึ่งคือ ท่านอาจารย์ ร.ท. สมเกียรติ กรีทอง กรรมการที่ปรึกษาการทำปริญญาโทฉบับนี้ อีกท่านหนึ่งคือ อาจารย์ ดร. เทียนชัย ชงสินธุศักดิ์ ซึ่งกรุณาให้ทำปรึกษา แนะนำการใช้เครื่องมือทำการทดลอง และตรวจแก้ปริญญาโทฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

อนึ่ง ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ ตลอดจนเจ้าหน้าที่สาขาวิชาจิตวิทยาพิชิตที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

จิตระการ เอกภมตกุล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
คำนำ	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาคนควา	7
ความสำคัญของการศึกษาคนควา	7
ขอบเขตของการศึกษาคนควา	8
คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	8
เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
2 ทฤษฎี	17
โครมาโตกราฟี (Chromatography)	17
Thin - Layer Chromatography	18
Gas - Liquid Chromatography	18
เฟลม โฟโตเมตริก ดีเทกเตอร์ (Flame Photometric Detector)	24
3 การดำเนินการทดลอง	26
ตัวอย่าง	26
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	26
สารเคมี	29
วิธีดำเนินการทดลอง	30
Percent Recoveries	45
4 ผลของการทดลอง	47
ผลของการตรวจปริมาณวัตถุที่มีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์บางชนิด (ไดแก๊ อีโออาซินอน อีไอออน มาลาไอออน เม็ทริลพาราไอออน	

พาราไฮดรอน ฟอสคริน และไตรไฮดรอน) ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน	47
จำนวนตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีนที่ตรวจพบ วัตถุที่มีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ	56
ปริมาณวัตถุที่มีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิดที่ตกค้างใน ตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน	58
ผลของการตรวจชนิดของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักด้วย thin - layer chromatography เพื่อยืนยันผลของการ ตรวจจากแก๊สโครมาโตกราฟี	65
สรุปและวิจารณ์ผลของการทดลอง	69
5 สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ	71
สรุป	71
อภิปรายผลของการทดลอง	74
ขอเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	76

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า	
1	<p>คติเทคโนโลยีชนิดต่าง ๆ และสิ่งที่ควร พิจารณา</p>	23
2	<p>ประสิทธิภาพของ developing solvents ที่ใช้ในการทดลอง</p>	43
3	<p>Percent recoveries ของออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ที่เติมในผักคะน้า</p>	46
4	<p>ผลของการตรวจปริมาณวัตถุพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ที่ ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่าง จากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบแรก</p>	47
5	<p>ผลของการตรวจปริมาณวัตถุพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ที่ ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่าง จากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบที่สอง</p>	52
6	<p>จำนวนตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีนที่ตรวจพบวัตถุพิษ พวกออร์แกนโนฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ</p>	57
7	<p>ปริมาณวัตถุพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน</p>	58
8	<p>ปริมาณน้อยที่สุดของออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ที่ตกค้างใน ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ที่สามารถตรวจได้ด้วย thin - layer chromatography</p>	65

บัญชีภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงส่วนต่าง ๆ ของพืช	11
2	แสดงระบบทาง ๆ ของแกส-ดีกรีวิต โกรมาโทกราฟี	21
3	แสดงแผ่นฉั่งของเฟลม โฟโกลเมทริก ดิเทลเตอร์	25
4	การตรวจพืชของสารตัวอย่าง โดยวิธีพืชของสารมาตรฐาน	34
5	Hobart chopper	36
6	Kuderna-Danish evaporative concentrator	37
7	การลดปริมาณการควบ Kuderna-Danish evaporative concentrator	38
8	Sweep Co-Distiller	39
9	Tracor 222 gas chromatograph	40
10	อุปกรณ์ของ thin-layer chromatography	44
11	โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตมาตรฐานจาก Tracor 222 gas chromatgraph	61
12	โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักกาดหอมจาก Tracor 222 gas chromatograph	62
13	โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักกะน้า จาก Tracor 222 gas chromatograph	63
14	โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักบุงจิ้น จาก Tracor 222 gas chromatograph	64
15	โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักจาก thin-layer chromatography	67
16	โครมาโตแกรมของฟอสตริน ที่ตกค้างในผักจาก thin-layer chromatography	68

บทนำ

ผลผลิตทางการเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตของมนุษย์ทั้งในค่านับบริโภคและอุปโภค สิ่งเหล่านี้จำเป็นต่อผลผลิตมากขึ้นเมื่อประชากรของโลกเพิ่มขึ้น แต่ปรากฏมีสิ่งมีชีวิตบางอย่างที่คอยทำลายพืชผลทางการเกษตรอยู่เสมอ เช่น เชื้อโรคทำให้พืชเป็นโรค ไม่เจริญเติบโตหรือตาย พวกวัชพืชต่อต้านการเจริญงอกงามของพืช หรือแมลงกัดกินพืช เป็นต้น สิ่งมีชีวิตดังกล่าวจัดเป็นศัตรู (pest) ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหาย เกือบเกี่ยวไค้ผลน้อยหรือไม่ไค้เลย ค่ายเหตุนี้ มนุษย์จึงจำเป็นต้องหาวิธีป้องกันหรือกำจัดศัตรูต่าง ๆ วิธีที่เกษตรกรนิยม คือ ใช้วัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช มนุษย์และสัตว์ (Pesticide) ซึ่งส่วนใหญ่ให้ผลรวดเร็วและสะดวก จุดมุ่งหมายของการใช้วัตถุมีพิษก็เพื่อทำลายศัตรูของมนุษย์พืชหรือสัตว์ และทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น

วัตถุมีพิษ เป็นสารประกอบทางเคมี ชนิดที่สำคัญต่อการเกษตรมี 3 พวก คือ วัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลง (insecticides) วัตถุมีพิษที่ใช้กำจัดวัชพืช (herbicides) และวัตถุมีพิษที่ใช้กำจัดเชื้อรา (fungicides) วัตถุมีพิษแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ไค้ดังนี้

- สารประกอบประเภทคลอรีเนเตด ไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbons หรือ organochlorines) เป็นประเภทสลายตัวช้า เช่น ออลดริน (aldrin) เอนดริน (endrin) ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin) เฮปตาคลอ (heptachlor) เป็นต้น
- สารประกอบประเภทออร์แกนโนฟอสฟอรัส (organophosphorus compounds หรือ organophosphates) ประเภทนี้มักสลายตัวไค้เร็ว เช่น

ไดบรม (Dibrom) ไดมัทโทเอท (dimethoate) มาลาไธออน (malathion)
เมทิลพาราไธออน (methyl - parathion) พาราไธออน (parathion)
ฟอสดริน (Phosdrin) เป็นต้น

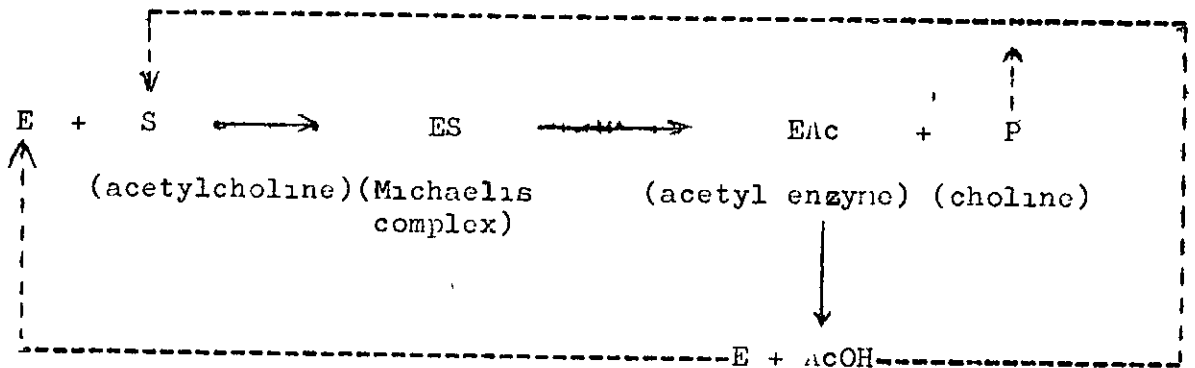
- สารประกอบประเภทคาร์บาเมท (carbamates) ประเภทนี้
สลายตัวได้เร็ว เช่น คาร์โบฟูแรน (carbofuran) เซวิน (Sevin) เป็นต้น
- สารประกอบที่มีส่วนผสมของโลหะ ตะกั่ว พรอท สารหนู มีการ
สลายตัวน้อยมาก หรืออาจไม่สลายตัวเลย

สารประกอบออร์แกนโนฟอสฟอรัสจัดเป็นวัฏภูมิพิษที่สลายตัวได้เร็ว อาจสลายตัว
หมดหลังจากฉีดหรือพ่นแล้วในระหว่าง 1 - 12 สัปดาห์ (1) และสามารถคงอยู่ในดิน
ได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน จึงเป็นที่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูของพืชผักต่าง ๆ
แต่อย่างไรก็ตาม การใช้วัฏภูมิพิษไม่ถูกต้องทั้งในค่านิยม ปริมาณ หรือวิธีการ ย่อมก่อ
ให้เกิดผลตรงกันข้ามขึ้นได้ กล่าวคือ แมลงอาจปรับตัวสร้างภูมิต้านทานต่อวัฏภูมิพิษ
ทำให้ระบาดมากยิ่งขึ้นภายหลัง หรือวัฏภูมิพิษอาจตกค้างอยู่กับพืชผักมาก หรือสะสมตาม
ดิน น้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ สัตว์น้อยใหญ่ภายใต้สภาวะ
แวดล้อมนี้จะต้องรับเอาวัฏภูมิพิษเข้าไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อันตรายก็จะเกิดขึ้นกับ
มนุษย์และสัตว์ที่บริโภค พืชและสัตว์เหล่านี้ วัฏภูมิพิษเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้
ทำลายสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เมื่อสารพวกนี้เข้าไปอยู่ในร่างกาย ก็จะทำลายชีวิตมนุษย์และ
สัตว์ได้เช่นเดียวกัน บางชนิดอาจถูกร่างกายเปลี่ยนเป็นสารอื่นที่มีพิษสูงขึ้น หรือต่ำกว่า
สารเดิม บางส่วนที่เข้าไปในร่างกายจะถูกขับออก แต่บางส่วนจะสะสมตามอวัยวะ
ต่าง ๆ ทำให้ร่างกายอ่อนแอ เป็นโรคร้ายไข้เจ็บได้ง่าย อวัยวะบางอย่างต้องทำงาน
หนักขึ้นเพื่อขจัดวัฏภูมิพิษนี้ออกจากร่างกาย หรืออาจเป็นโรคต่าง ๆ เช่น มะเร็ง
ตับโต หัวใจวาย โลหิตเป็นพิษ เป็นโรคทางประสาท

พิษของวัฏภูมิพิษพวกฟอสฟอรัส

เป็นที่ยอมรับว่า วัฏภูมิพิษทางการเกษตรมีประโยชน์ในการป้องกันหรือ
กำจัดศัตรูมนุษย์ พืชและสัตว์ ช่วยเพิ่มผลผลิตเกษตรกรรมทางหนึ่งให้เพียงพอกับประชากร

แต่ในขณะเดียวกัน สารเหล่านี้ก็เป็นพิษภัยต่อมนุษย์ได้ด้วย พิษของวัตถุมีพิษเป็นอย่างไร นั้น ได้มีผู้สนใจและหาการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันพิษของวัตถุมีพิษบางอย่างได้ถูกเปิดเผย แต่บางอย่างก็ยังลึกลับอยู่ สำหรับวัตถุมีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตส์ มีผู้ศึกษาวิจัยมากจนทราบปฏิกิริยาของสารเหล่านี้ในร่างกายของมนุษย์แล้ว (2) สารเหล่านี้มีปฏิกิริยากระทำต่อระบบประสาทไมโอนิวรอน (myoneuron) ที่ถ่ายทอดคำสั่งงาน และยังรบกวนหน้าที่ของอวัยวะที่เป็นเป้า (target) กล่าวคือ ตามปกติ แรงกระตุ้น (impulse) จะถูกถ่ายทอดจาก presynaptic site ไป postsynaptic site โดยสารอะซิติลโคลีน (acetylcholine) แล้วเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (enzyme acetylcholinesterase) ก็จะใช้ไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) อะซิติลโคลีนที่ postsynaptic site ให้เป็น acetic acid และ choline ที่เล็กน้อย สารทั้ง 2 นี้จะถูกเอนไซม์ตัวที่ 2 คือ choline-o-acetyltransferase เอสเตอริฟาย (esterify) ให้เป็นอะซิติลโคลีนที่อิสระ คังแผนภาพ



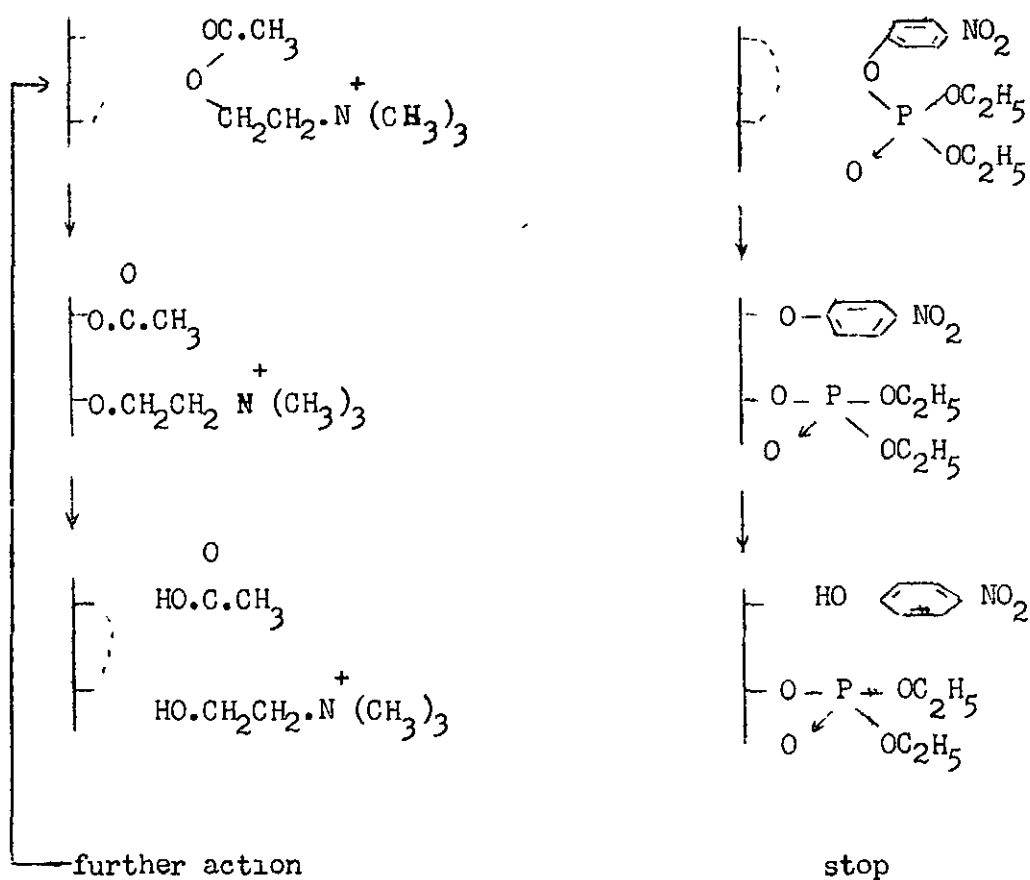
Scheme of acetylcholinesterase function

เมื่อออร์แกนโนฟอสเฟตส์เข้าไปในร่างกาย จะไปยับยั้ง (inhibit) เอนไซม์พวกลเอสเตอ (ester) โดยเฉพาะอะซิติลโคลีนเอสเตอเรส จึงทำให้ อะซิติลโคลีนไม่ถูกไฮโดรไลซ์และสะสมมากขึ้น ๆ เป็นเหตุให้การถ่ายทอดคำสั่งของประสาทไมโอนิวรอนไม่สะดวก ถ้าการรบกวนนี้เกิดที่กล้ามเนื้อของอวัยวะภายใน

ที่สำคัญ กล้ามเนื้อจะอ่อนแอ อาจมีอาการรุนแรงและถึงตายได้ แผนผังข้างล่างนี้ เป็นตัวอย่างแสดงปฏิกิริยาของ paraoxon ที่ยับยั้งเอนไซม์โคลิโนเอสเตอเรส (3)

Normal action
on acetylcholine

Inhibition by
paraoxon



เนื่องจากออร์แกนโนฟอสเฟตเป็นวัตถุมีพิษที่เกษตรกรนิยมใช้ในการป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ แต่มีพิษร้ายแรงต่อร่างกายของมนุษย์และสัตว์ดังกล่าว ดังนั้น ผู้เขียนจึงได้เลือกศึกษาพิษตกค้างของออร์แกนโนฟอสเฟตในพืชผักที่ประชาชน

นิยมบริโภค เพื่อให้ได้ความรู้ที่อาจเป็นประโยชน์ต่อชีวิตของมนุษย์

ความเป็นพิษของออร์แกนโนฟอสเฟตส์บางชนิด

การวัดความเป็นพิษของวัตถุมีพิษ ใช้เทียบค่า LD₅₀ [(1) หน้า 10-14] ซึ่งเป็นค่าหรือขนาดเฉลี่ยโดยวิธีวัดสถิติของวัตถุมีพิษ (Medium Lethal Dosage) ที่ทำให้สัตว์ที่ใช้ในการทดลองเสียชีวิตครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด โดยกล่าวเป็นมิลลิกรัมของวัตถุมีพิษต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของตัวสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง เกณฑ์วัดความเป็นพิษดังนี้

ชนิดของความเป็นพิษ

ชนิดมีพิษร้ายแรงยิ่ง	5	5	10	60 มก.
ชนิดมีพิษร้ายแรง	5-50	5-50	10-100	0.1-5 กรัม
ชนิดมีพิษปานกลาง	50-500	50-350	100-1,000	5-50 กรัม
ชนิดมีพิษน้อย	500-5,000	350-3,000	1,000-10,000	50-250 กรัม
ชนิดมีพิษน้อยมาก	5,000-15,000	3,000-25,000	10,000-100,000	250-750 กรัม
ชนิดที่ไม่มีพิษ	15,000	25,000	100,000	750 กรัม

ความเป็นพิษของไดอาซินอน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อหนูเพศผู้ (male rat) มีค่า LD₅₀ 465 ± 87 มก. ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. อนึ่งวัตถุมีพิษชนิดนี้มีพิษร้ายแรงต่อผึ้ง จึงควรระมัดระวังการใช้ให้มาก [(1) หน้า 171-172]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : 0.002 ppm (Rumker, Pesticide Manual, 1972)

ความเป็นพิษของอีไธออน : ชนิดบริสุทธิ์ พิษเฉียบพลันโดยทางปากกับหนู
มีค่า LD₅₀ 280 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. ชนิดเทคนิคอลมีค่า LD₅₀ 96 มก.
ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. [(1) หน้า 217-218]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : 0.00125 มก.ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

(Runkor, 1972)

ความเป็นพิษของมาลาไธออน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อหนูเพศผู้และ
หนูเพศเมีย มีค่า LD₅₀ 1,375 และ 1,000 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. ตามลำดับ
[(1) หน้า 279-280]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : 0.02 มก.ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

(Runkor, 1972)

ความเป็นพิษของเม็ทธิลพาราไธออน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อ
หนูชวามีค่า LD₅₀ 9 - 25 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. และพิษเฉียบพลันโดยทาง
ผิวหนังที่มีต่อกระต่ายมีค่า LD₅₀ 300-400 มก.ต่อน้ำหนักตัวสัตว์ 1 กก. มีพิษ
อย่างแรงต่อมนุษย์ทั้งทางปาก ทางจุมูก และทางผิวหนัง [(1) หน้า 296-297]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : 0.001 มก.ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

(Runkor, 1972)

ความเป็นพิษของพาราไธออน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อหนูเพศผู้
และหนูเพศเมียมีค่า LD₅₀ 13 และ 3.6 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. ตามลำดับ
พิษเฉียบพลันโดยทางผิวหนังที่มีต่อหนูเพศเมียมีค่า LD₅₀ 6-8 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู
1 กก. [(1) หน้า 325-326]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : 0.005 มก.ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.

(Runkor, 1972)

ความเป็นพิษของฟอสตริน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อหนูมีค่า LD₅₀
ประมาณ 6-7 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. และพิษเฉียบพลันโดยทางผิวหนังที่มีต่อ
กระต่ายมีค่า LD₅₀ 34 มก.ต่อน้ำหนักตัวสัตว์ 1 กก. [(1) หน้า 335-336]

อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคนต่อวัน : ไม่มีข้อมูล (Runkner, 1972)

ความเป็นพิษของไตรโซดอน : พิษเฉียบพลันโดยทางปากที่มีต่อหนูเพศผู้มีค่า

LD₅₀ 32.2 มก.ต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กก. [(1) หน้า 417]

ไม่มีข้อมูลปริมาณที่อนุญาตให้นำเข้าร่างกายคน

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อตรวจหาปริมาณวัตถุมีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตสังขนิค (ไคแก ไคอาซินอน อีโซดอน มาลาโซดอน เมทธิลพาราโซดอน พาราโซดอน ฟอสตริน และไตรโซดอน) ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้าและผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่างจาก ตลาดสดต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร
2. เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษดังกล่าวในข้อ 1 ที่ตกค้าง ในผักทั้ง 3 ชนิด
3. เพื่อศึกษาวิธีการของโครมาโตกราฟี ตลอดจนเครื่องมืออื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อตรวจให้ทราบว่า ผักกาดหอม ผักคะน้าและผักบุ้งจีน ที่ชาว กรุงเทพมหานครบริโภคอยู่ทุกวันนี้ มีวัตถุมีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้างอยู่หรือไม่ ปริมาณเท่าไร
2. ผลของการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิต และผู้บริโภคพืชผักในด้าน ความปลอดภัยจากวัตถุมีพิษ
3. วิธีการต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ นำไปใช้ในการสอนในระดับอุดมศึกษา และเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานด้านนี้สำหรับหน่วยงานต่าง ๆ ได้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำการศึกษาวัฏภูมิพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตส์ที่เกษตรกรนิยมใช้ในการป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชผัก คือ ไดอาซีนอน [Diazinon, o, o-Diethyl-o-(2-isopropyl -6-methyl-4-pyrimidinyl) phosphorothioate] , อีไธออน [ethion, o, o, o, o-Tetraethyl s, s-methylene bisphosphorodithioate] มาลาไธออน [malathion, o, o, -Dimethyl-S-(1,2-dicarbethoxyethyl) phosphorodithioate] , เม็ทธิลพาราไธออน [methyl-parathion, o, o-Dimethyl-o-p-nitrophenyl phosphorothioate] , พาราไธออน [parathion, o, o-Diethyl o-p-nitrophenyl phosphorothioate] , ฟอสดริน [Phosdrin, Dimethyl phosphate of methyl-3-hydroxy-cis-crotonate] , ไตรไธออน [trithion, s- { (p-Chlorophenylthio) methyl} o, o-diethyl phosphorodithioate]

2. ตรวจสอบปริมาณวัฏภูมิพิษที่ตกค้างในผัก 3 ชนิด คือ ผักกาดหอม ผักคะน้าและผักบุ้งจีน โดยเก็บตัวอย่างผักจากตลาดสดตามแหล่งชุมนุมในกรุงเทพมหานคร รวม 20 แห่งคือ ตลาดเก่า (เขาวราช) คลองเตย จันทร์สโมสร (บางกระบือ) คาวคนอง หัวทิพย์ (บางแค) ท่าเตียน เทวราช บางซื่อ บางรัก ประตูน้ํา ปากคลองตลาด พญาไท พรานนก รุ่งอรุณ (พระโขนง) วงเวียนใหญ่ ศรีศุภราช (สะพานควาย) สะพานใหม่ (บางเขน) สิริพงษ์ (บางกะปิ) หัวลำโพง และอมรพันธุ์ (บางเขน)

คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

- วัฏภูมิพิษ (pesticides) หมายถึง สารออกฤทธิ์หรือวัฏภูมิพิษที่มีสารออกฤทธิ์ผสมอยู่ รวมทั้งวัฏภูมิพิษชนิดธรรมดาหรือวัฏภูมิพิษชนิดร้ายแรง แบ่งออกเป็นหลายประเภท คือ

- โครมาโตกราฟี (chromatography) เป็นขบวนการแยกสารออกตาม ส่วนประกอบ โดยให้สารเคลื่อนที่ผ่าน stationary phase และ moving (mobile) phase

- แก๊สโครมาโตกราฟี (gas chromatography) คือ วิธีการของ โครมาโตกราฟีที่ mobile phase เป็นแก๊สเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ (column)

- แก๊ส-ลึควิด โครมาโตกราฟี (gas-liquid chromatography) คือ วิธีการของแก๊สโครมาโตกราฟีที่ stationary phase เป็นของเหลว (liquid) เคลือบอยู่บนของแข็งรองรับ (solid support)

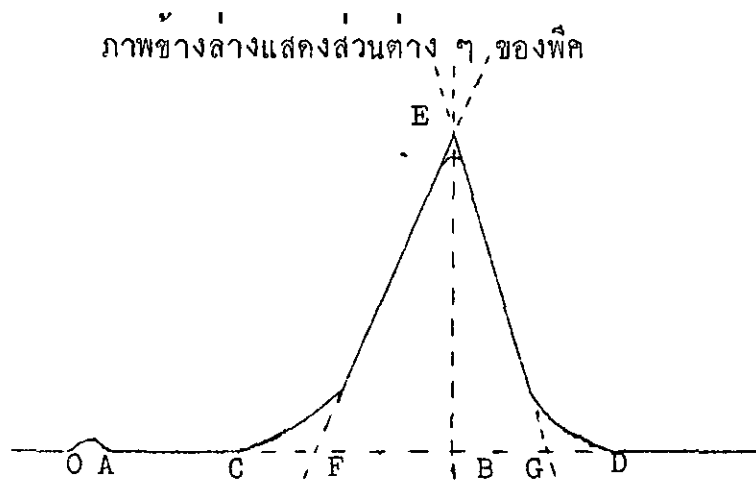
← คอลัมน์ (column) เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ซึ่ง ทำการแยกส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารออกจากกันให้บริสุทธิ์

- ดีเทคเตอร์ (detector) เป็นส่วนที่ต่อจากคอลัมน์ มีหน้าที่ตรวจ ชนิดและวัดปริมาณของสารที่แยกออกมาจากคอลัมน์ แล้วส่งเป็นสัญญาณให้เครื่องวัด

- โครมาโตแกรม (chromatogram) เป็นผลแสดงออกของสัญญาณที่ ส่งมาจากดีเทคเตอร์ อาจจะแสดงโดยเส้นหรือลักษณะอื่น

- พีค (peak) เป็นส่วนของโครมาโตแกรมที่แสดงถึงผลตอบ (response) เมื่อส่วนประกอบของสารได้แยกออกมาจากคอลัมน์ โดยปกติจะเป็นรูป หน้าจั่ว

- รีเทนชันไทม์ (retention time) คือ ระยะเวลานับตั้งแต่ฉีดสาร เข้าไป จนกระทั่งถึงส่วนสูงสุดของพีคของสารปรากฏออกมาในโครมาโตแกรม



ภาพ 1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของพีค

จากภาพ Peak : CED

Peak base : CD

Peak area : CEDC

Peak height: BE

Peak width : FG

Retention time : OB

- การสกัด (extraction) คือ การทำให้วัตถุที่มีพิษหลุดแยกจากสารตัวอย่างด้วยการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งจะไม่รวมเป็นสารละลายเนื้อเดียวกันกับของผสม แต่ละลายวัตถุที่มีพิษที่อยู่ในของผสมนั้นได้

- สับ (chop) คือ การตัดให้สารตัวอย่างเปลี่ยนเป็นชิ้นเล็ก ๆ ละเอียด

- ปั่น (blend) คือ การทำให้ทุกส่วนของสารตัวอย่างแตกละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous)

- คอนเซนเตรชัน (concentration) คือ การทำให้สารละลายมีปริมาณลดลง เพื่อให้สารที่ละลายอยู่เข้มข้นขึ้น

- คลีนอัพ (clean-up) คือ การทำให้สารละลายสะอาด ปราศจากสิ่งหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ อาจทำได้โดยการกรองผ่านใยแก้ว (glass wool), Florisil, หรือใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น

- เปอร์เซ็นรีคัฟเวอรี (percent recovery) เป็นวิธีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการทดลอง โดยใส่ (spike) วัตถุมีพิษหรือสารที่ต้องการศึกษาลงไปในสารตัวอย่าง แล้วดำเนินการตามวิธีการทุกขั้นตอน สุดท้ายตรวจดูว่าวัตถุมีพิษหรือสารที่ต้องการศึกษาเหลือเท่าใด เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณที่ใส่ลงไป

- สารละลายมาตรฐาน (standard solution) เป็นสารละลายที่เตรียมขึ้น ให้ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของสาร ใช้เป็นสารมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณ

- ppm (part per million) คือ จำนวนส่วนในสารทั้งหมดหนึ่งล้านส่วน หรือ จำนวนมิลลิกรัมในสารทั้งหมดหนึ่งกิโลกรัม

เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Coffin และ Savary (4) ได้ทำการสกัดออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักคาว acetonitrile ทำสารละลายที่สกัดให้สะอาดโดยผ่าน alumina ที่เคลือบด้วย polyethylene ใช้ 40% acetone ในกรดเป็นตัวชะ (eluting solvent) แล้วแยกไขมันและสีออกโดยทำพาร์ติชัน (partition) จากน้ำลงใน chloroform ล้างอีกครั้งโดยให้ผ่าน Magnesol ใช้สารละลายของ chloroform, acetone และ methanol เป็นตัวชะ แล้วตรวจหาออร์แกนโนฟอสเฟตด้วย Paper chromatography

McCaulley (5) เสนอวิธีที่รวดเร็วกว่าในการหาคุณภาพและปริมาณของออร์แกนโนฟอสเฟตในผลผลิตการเกษตร สกัดวัตถุมีพิษโดยปั่น (blend) สารตัวอย่างกับ acetonitrile แล้วทำให้ตกตะกอนโดยการแกว่ง (centrifuge) เติมเกลือ sodium chloride เพื่อกำจัดน้ำ แล้วแยกวัตถุมีพิษตกค้างออกจากพืช โดยกลั่นในสุญญากาศ (vacuum distillation) นำไปตรวจหาปริมาณวัตถุมีพิษโดย gas-liquid chromatography และหาชนิดโดยใช้ infrared spectroscopy.

Nelson (6) ได้ทำการหาออร์แกนโนไซโอฟอสเฟสที่ตกค้างในผักและผลไม้ โดยใช้ petroleum ether ละกั้วตัณุมิพิษออกมา ทำให้สารสะกั๊ดสะอาด (clean-up) ด้วย Florisil column มี ethyl ether/dioxane ใน petroleum ether เป็นตัวชะ แล้วตรวจหาไซโอฟอสเฟสโดยใช้ micro-coulometric gas chromatography (sulfur detector) วิธีนี้ให้รีคัฟเวอรีสูงกับทุก ๆ สารประกอบ

Wessel (7) รายงานผลการทดลองที่เข้าร่วมกันของนักวิจัย 12 ท่าน ศึกษาการหาวัตุณุมิพิษชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัส 7 ตัว คือ Diazinon, ethion, malathion, methyl-parathion, parathion, Ronnel และ trithion ที่ตกค้างในผักและผลไม้ ตรวจด้วยแกสโครมาโตกราฟีแบบคั้เทคเตอร์คู้ (potassium chloride thermionic กับ electron capture) วิธีการคือ ปั่นสารตัวอย่างกับ acetonitrile ใน blender ทำให้วัตุณุมิพิษแยกตัวออกมาโดยท่วพาร์ติชัน (partition) ด้วย petroleum ether กับสารละลายอิมตัวของเกลือ sodium chloride และนำ จากนั้นซัจสิ่งที่ไม่ต้องการออกโดย clean-up ผ่าน Florisil column โดยใช้ 6%, 15%, และ 50% ethyl ether ใน petroleum ether เป็นตัวชะ แล้วตรวจหาปริมาณวัตุณุมิพิษด้วยแกสโครมาโตกราฟีที่ใช้คั้เทคเตอร์คู้ โดยใช้ column ชนิด 10% DC-200 อุณหภูมิของ injector 225°C, oven 200°C, detector 210°C อัตราไหลของแกสไนโตรเจน ผ่านคอลัมน์ 120 มิลลิลิตร/นาทึ้ ผลปรากฏว่า ให้รีคัฟเวอรีของวัตุณุมิพิษที่ใส่ในแอปเปิ้ลที่ระดับ 0.5 ppm เฉลี่ย 88.7% เมื่อตรวจด้วย thermionic detector และ 91.2% เมื่อตรวจด้วย electron capture ส่วนวัตุณุมิพิษที่ใส่ในผักกาดหอมที่ระดับ 5 ppm ให้รีคัฟเวอรี 89.0% สำหรับ thermionic และ 89.4% สำหรับ electron capture จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจวัตุณุมิพิษตกค้าง electron capture detector ให้ผลคั้กว่า thermionic detector

Storherr, Ott และ Watts (8) เสนอวิธีทั่วไปสำหรับหาวัตุณุมิพิษชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในอาหารประเภทไม่มีไขมัน (non - fatty foods)

ทองคลินอิฟ อีกครั้งหนึ่งทำการกดินอิฟก่อนนำไปตรวจหาออร์แกนโนคลอรีนด้วย electron capture detection จากการทดลองได้พบว่า ออร์แกนโนคลอรีนจากข้าวสาเลให้ รัคัพเวอรืที่ระกัษ 0.5 ppm มีค่าเฉลย 80% ส่วนข้าวสาเลที่เติม ออร์แกนโนฟอสเฟทส์ 15 ชนิด แล้วฉิดเข้าเครื่องแกสโครมาโทกราฟที่ทันที จะให้รัคัพเวอรืเฉลย 93% แต่ เมื่อกังไว้ 3 สัปดาห์ 9 ใน 15 ศัวยาจะให้รัคัพเวอรืมากกว่า 60%

นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีการสะกัก พบว่าออร์แกนโน- ฟอสเฟทส์ 9 ชนิดที่สะกักด้วย ethyl ether : hexane (3:97) ใน ball-milling จะให้รัคัพเวอรืต่ำกว่าการสะกักด้วย methanol : chloroform (10:90) ใน soxhlet ประมาณ 7%

เกี่ยวกับแกสโครมาโทกราฟี่ เขาใช้แบบ Tracor MT 200 ประกอบด้วย

63 Ni detector และ Melpar flame photometric detector โดยจัด สภาวะสำหรับการใช้ 63 Ni detector กังนี้ คอลัมน์ยาว 6 ฟุค เส้นผ่าศูนย์กลาง รอบใน 3.5 มม. บรรจุด้วย (1) 4% SE - 30/6% QF - 1 on 60 - 80 mesh chromosorb W, AW (acid - washed) และ DMCS (dimethyl - chlorosilane - treated) หรือบรรจุ (2) 3% OV - 1 on 60 - 80 mesh chromosorb W (AW, DMCS) อุณหภูมิของ detector 290°c oven 180°c และแกสไนโตรเจนไหลผ่าน กอลัมน์ 80 มิลลิลิตรต่อนาที

สำหรับ flame photometric detector ใช้กอลัมน์แบบเดียวกับ 63 Ni detector แต่อุณหภูมิของ detector 190°c oven 180°c อัตราการไหลของ แกสไฮโดรเจน 150 มิลลิลิตรต่อนาที อากาศ 35 มิลลิลิตรต่อนาที ออกซิเจน 15 มิลลิลิตรต่อนาที และไนโตรเจน 180 มิลลิลิตรต่อนาที

Laski (11) รายงานการตรวจหาวัตถุที่มีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัสตกค้าง ในแอปเปิลและถั่วเขียว โดย gas-liquid chromatography และทำการเปรียบเทียบ ระหว่าง potassium chloride thermionic detector และ flame photometric detector การทดลองนี้กระทำร่วมกันระหว่างนักวิจัยจาก 10 สถาบันปฏิบัติการทดลอง ใช้วิธีการ

ทดลองของ Storherr และคณะศึกษารีक्ति์เวอร์ของออร์แกนโนฟอสเฟตส์หรือผลจากปฏิกิริยาออกซิเคชัน คือ carbophenothion, carbophenothion oxygen analog, dimethoate, EPN, paraoxon และ parathion ที่เติมกับแอปเปิลและถั่วเขียว ผลปรากฏว่าออร์แกนโนฟอสเฟตส์เหล่านั้น ใ้รक्ति์เวอร์สูง ยกเว้น dimethoate ใ้ค่าผิดพลาดอันเนื่องมาจากน้ำยาเคมีที่ใช้ สถานปฏิบัติกาทดลอง 5 แห่ง ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง potassium chloride thermionic detector และ flame photometric detector ผลปรากฏว่า detector ทั้ง 2 ชนิดนี้ใ้ความถูกต้องแม่นยำในการตรวจเท่านั้น

โครมาโตกราฟี (chromatography)

เฟลมโฟโตเมตริก คีเทคเตอร์ (flame photometric detector, FPD)

โครมาโตกราฟี (chromatography) (12)

โครมาโตกราฟี เป็นวิธีแยกสารที่ปนกันออกมาเป็นส่วนประกอบที่มีบริสุทธิ์ โดยผ่านสารลงในตัวกลางหนึ่งซึ่งสามารถดูดซับ (adsorb) สารไว้ จากนั้นผ่านตัวชะ (eluent) ลงในตัวกลางนั้น ตัวชะจะทำการชะ (elute) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารออกไปด้วยอัตราเร็วต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดทั้งทางกายภาพ และทางเคมีระหว่างสารประกอบกับตัวกลางและตัวชะ ตัวกลางบางชนิดเป็นของเหลวจับอยู่กับตัวรองรับ (support) สารที่ต้องการแยกออกให้บริสุทธิ์จะละลายอยู่ในตัวกลางนี้ส่วนหนึ่ง ละลายอยู่ในตัวชะอีกส่วนหนึ่ง ดังนั้น จะมีการแบ่งละลาย (partition) ของสารระหว่างตัวกลางและตัวชะ อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารที่ละลายอยู่ในตัวกลางกับตัวชะจะมีค่าคงที่เสมอ อัตราส่วนนี้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการแบ่งละลาย (partition coefficient) ถ้าสารละลายในตัวกลางใดก็ จะเคลื่อนที่ไปช้า แต่ถาละลายในตัวชะใดก็ก็จะเคลื่อนที่ไปไ้เร็ว ดังนั้น การดูดซับและการแบ่งละลายจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการแยกสารโดยวิธีโครมาโตกราฟี

วิธีการของโครมาโตกราฟีมีหลายแบบ คือ

- Column chromatography
- Paper chromatography

- Thin - layer chromatography (TLC)
- Gas chromatography (GC) แบ่งเป็น gas - solid

chromatography (GSC) gas-liquid chromatography (GLC)

ต่อไปจะกล่าวถึง thin - layer chromatography และ gas-liquid chromatography ซึ่งเป็นวิธีการที่จะใช้ในการตรวจหาชนิดและปริมาณวัตถุที่มีที่ตกค้างในพืชผักต่าง ๆ

Thin - Layer Chromatography (TLC)

หลักการของ TLC คือ การใช้สารดูดซับ (adsorbent) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางมาเคลือบเป็นแผ่นบาง ๆ บนแผ่นแก้ว หยคสารละลายที่ต้องการแยกให้เป็นจุดเล็ก ๆ ลงบนตัวกลางนี้ใกล้กับริมข้างหนึ่งของแผ่นแก้ว จุดบนแผ่นแก้วข้างเดียวกันนี้ลงในสารละลายตัวระ เมื่อสารละลายซึมไปตามตัวกลาง จะพาเอาสารประกอบแต่ละชนิดของสารผสมไปด้วยในอัตราเร็วต่าง ๆ กัน สารประกอบแต่ละชนิดจึงแยกจากกันได้ เมื่อใช้สารเคมีซึ่งให้สีกับสารประกอบเหล่านั้นฉีดบนตัวกลาง ก็จะได้เห็นสารต่าง ๆ ที่แยกกันอยู่ตามค่า R_f ค่า R_f นี้เท่ากับอัตราส่วนของระยะทางที่สารเคลื่อนที่ไป ต่อระยะทางที่ตัวระเคลื่อนที่ไป (solvent front) ค่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสาร ซึ่งนำมาช่วยในการตรวจและพิสูจน์ชนิดของสารได้โดยการเปรียบเทียบค่า R_f กับสารมาตรฐาน

Gas - Liquid Chromatography (GLC) (13)

หลักการของ GLC คือ สารที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกฉีดเข้าไปที่ injection port แล้วกลายเป็นไอ จากนั้นแก๊สตัวพา (carrier gas) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวระและไหลผ่านสารตัวกลางในคอลัมน์อยู่ตลอดเวลาจะพาไอของสารไป สารนั้นก็จะถูกแบ่งละลาย (partition) ระหว่างแก๊สตัวพา กับตัวทำละลาย (solvent หรือ liquid phase) ซึ่งเคลือบอยู่บนของแข็งรองรับ (solid support) ตัวทำละลายสามารถมองเห็นเป็นส่วนประกอบของสารผสมได้ไม่เท่ากัน

จึงแยกเป็นแถบของส่วนประกอบต่าง ๆ ในสารแก๊สตัวพา แถบของสารนี้จะถูกพาออกจากคอลัมน์ในเวลาที่แตกต่างกัน ไปยังเครื่องตรวจ (detector) ซึ่งจะตรวจและวัดส่วนประกอบเหล่านั้นแล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึก (recorder)

ระบบต่าง ๆ ของแก๊ส-สีก๊วค โกรมาโทกราฟี และลักษณะที่ดี

บางประการ (ภาพ 2)

1. Cylinder of carrier gas เป็นแหล่งให้แก๊สตัวพา แก๊สตัวพาที่ใช้ของบริสุทธิ์ และเฉื่อย (inert) คอสารตัวอย่างกับตัวทำละลาย (liquid phase) แก๊สที่นิยมใช้ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม หรือไนโตรเจน
2. Flow controller and pressure regulator ทำหน้าที่ควบคุมความดันภายในคอลัมน์และอัตราการไหลของแก๊สให้คงที่ตลอดช่วงเวลาปฏิบัติงาน
3. Injection port เป็นทางที่ให้สารละลายเข้าสู่คอลัมน์ควายการใช้ syringe ฉีดสารละลายผ่านแผ่นยาง (rubber septum) ถึงคอลัมน์ อนุภูมิของ injection port ควรจะสูงพอที่จะทำให้สารละลายทั้งหมดกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว แต่ก็ไม่ควรให้สูงเกินไปจนทำให้สารละลายตัวหรือจัดเรียงตัวกันใหม่
4. Column เป็นส่วนที่จะทำการแยกสารต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นสารผสมนั้น แท่งของคอลัมน์อาจทำจากสเตนเลสตีล อะลูมิเนียม หรือแก้ว ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเส้นตรง, เส้นโค้ง หรือขดเป็นเกลียวยาว 3 - 10 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลางรอบใน (inner diameter, i.d.) 0.01 - 2 นิ้ว หรือใหญ่กว่า แต่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอก (outer diameter, o.d.) 1/8 และ 1/4 นิ้ว ภายในคอลัมน์บรรจุควายของแข็งรองรับ (solid support) ซึ่งทำจากสิ่งต่าง ๆ เช่น diatomaceous earth, Celite หรือสิ่งอื่น เป็นตัวรองรับของเหลว (liquid phase or stationary phase) ที่เป็นพวกเอสเทอร์ (ester) หรือซิลิโคน (silicone) ของแข็งรองรับกับของเหลวที่เคลือบอยู่รวมเรียกว่า column packing ของแข็งรองรับนี้จะต้องมีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยากับของเหลวที่

เคลือบ มีพื้นที่ผิวมาก มีรูปร่างและขนาดแบบเดียวกัน เช่น Chromosorb ส่วนของเหลวที่เคลือบอยู่บนของแข็งรองรับแล้ว ควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ก. สามารถให้สารที่ต่างชนิดกันแพร่กระจายได้ต่างกัน
- ข. มีโครงสร้างทางเคมี (chemical structure) คล้ายกับส่วนประกอบของสาร เพื่อให้ทำการแยกได้ดีขึ้น เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ยอมแยกได้ดีกว่าตัวทำละลายที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน
- ค. มีความกันไอน้ำมาก ไม่ระเหยออกมา (bleeding) ในช่วงอุณหภูมิที่ใช้แยกสารผสมเหล่านั้น

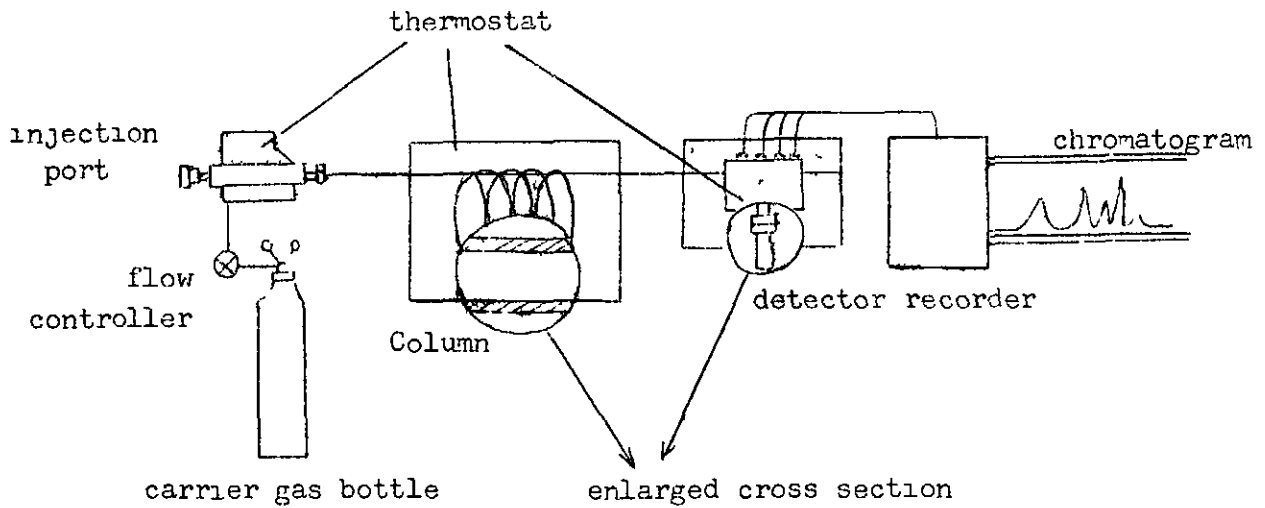
อุณหภูมิของคอลัมน์ ควรจะให้ค่าพอเหมาะ เพื่อการแบ่งละลายใน stationary phase เป็นไปอย่างดี การแยกสารก็จะสมบูรณ์

5. Detector เป็นเครื่องตรวจวัดและวัดปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ที่แยกออกมาจากคอลัมน์ ลักษณะที่ดีของดีเทคเตอร์ ควรจะรับได้ไว ตอมสนองได้กับสารประกอบทุกแบบ นอกจากนี้ต้องไม่มีผลกระทบกระเทือนจากอัตราการไหลของแก๊สและอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ในทางปฏิบัติ ต้องให้อุณหภูมิของดีเทคเตอร์ และส่วนที่ต่อระหว่างคอลัมน์กับดีเทคเตอร์สูงพอ เพื่อไม่ให้สารเกิดการควบแน่น และป้องกันไม่ให้เกิดน้ำหรือสิ่งพลอยไถ่อื่น ๆ

6. Recorder เป็นส่วนที่ใช้บันทึกผลของการวิเคราะห์ โดยบันทึกลงบนกระดาษแผนภูมิ (chart)

พจนานุกรม
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ภาพ 2 แสดงระบบต่าง ๆ ของแก๊ส-ลึ่วิก โครมาโทกราฟี

ประสิทธิภาพของคอลัมน์

คอลัมน์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของแก๊สโครมาโทกราฟี และจะทำงานได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบหลายอย่าง คือ

1. Particle diameter อนุภาคที่จะใช้เป็นตัวรองรับ (support) ต้องมีขนาดเล็กและสม่ำเสมอขึ้น นิยมใช้ขนาด 100 - 120 เมช (Mesh)
2. Flow rate อัตราการไหลของแก๊สต้องพอดี แลวแต่นิกของสารที่แยกซึ่งอาจทราบได้จากการทดลอง โดยแปรผันอัตราการไหลของแก๊สที่เข้าสู่คอลัมน์ ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ แลว plot HETP กับอัตราการไหลของแก๊ส ค่าของ HETP ที่ต่ำที่สุดจะบอกความเร็วที่ดีที่สุดของแก๊สสำหรับคอลัมน์นั้น

HETP (The height equivalent to a theoretical plate)

$$HETP = L/N$$

L = ความยาวของคอลัมน์, ซม.

$$N = 16 \left(\frac{x}{y}\right)^2$$

x = ระยะระหว่างจุดเริ่มต้นฉีดสาร (injection) ถึงยอด peak

y = ความยาวของฐาน peak

3. Carrier gas ถ้าต้องการประสิทธิภาพของคอลัมน์สูงสุดต้องใจแกสตัวพาที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเนือย แต่ต้องการให้การวิเคราะห์เร็วขึ้นไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพสูงสุดของคอลัมน์นัก จะใช้แกสตัวพาที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น ฮีเลียม หรือไฮโดรเจน

4. Type of liquid phase ของเหลวที่ใช้เคลือบบนของแข็งรองรับ ที่จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีความหนืด (viscosity) ต่ำ ความดันไอ (vapor pressure) ต่ำ ไม่ระเหย (non - volatile) ที่อุณหภูมิที่ใช้แยกสาร และละลายสารตัวอย่างโคหมด ถ้าการละลายไม่ค้สารตัวอย่างจะถูกชะไปเร็ว การแยกก็จะไม่สมบูรณ์

5. Amount of liquid phase ต้องใช้ปริมาณของของเหลวเพียงเล็กน้อย เพื่อเคลือบเป็นแผ่นบาง ๆ (thin film) บนของแข็งรองรับที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมี

6. Temperature อุณหภูมิของคอลัมน์ต้องให้ค่าพอเหมาะที่จะทำให้เกิดการแยกสารได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ทำให้สารละลายตัว อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำลายประสิทธิภาพของคอลัมน์ แต่อุณหภูมิที่ต่ำเกินไป จะทำให้การวิเคราะห์ใช้เวลานาน เนื่องจากเวลาที่สารแต่ละตัวจะถูกแยกออกมาต้องใช้เวลานานเกินไป

ดิเทกเตอร์ (detectors)

ดิเทกเตอร์ที่ใช้กับ GLC มีหลายชนิด ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานวิเคราะห์แต่ละอัน ดังตารางต่อไป (ตาราง 1) เป็นตัวอย่างของดิเทกเตอร์บางแบบ และงานที่ใช้ของดิเทกเตอร์แต่ละแบบ

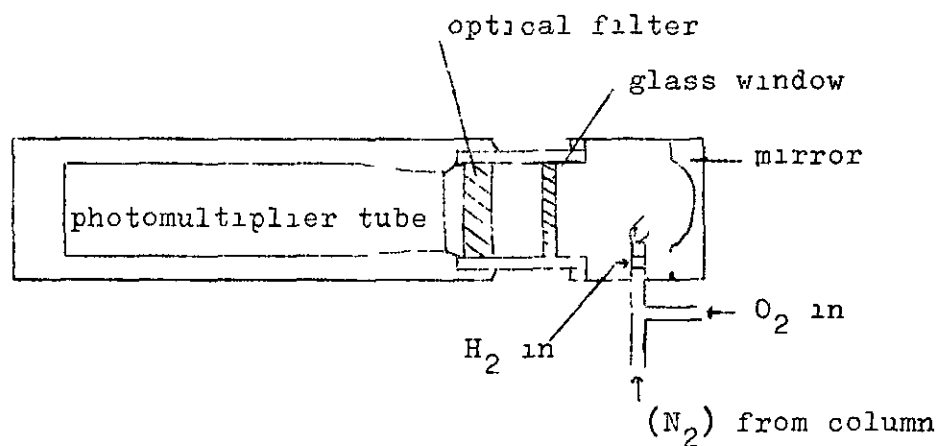
ตาราง 1 ประเภทเครื่องวัดต่าง ๆ และสิ่งที่ตรวจ

Detector	Application
Thermal conductivity detector	Permanent gases
Gas density balance	Permanent gases
Coulometric detector	Halogens, sulphur
Electrolytic conductivity detector	Halogens, sulphur, nitrogen
Flame detectors	
- Flame thermocouple	Hydrocarbon gases
- Flame emissivity	Hydrocarbon gases
- Flame photometric	Sulphur, phosphorus
- Alkali flame ionization	Halogens, sulphur, phosphorus
Other ionization detectors	
- Cross - section ionization	Permanent gases
- Argon ionization and "helium cell"	NO, NO ₂ , permanent gases
- Electron capture ionization	Halogens
- Photo - ionization	Ionizable gases

เซตบไฟโตะเมทริก คิเทคเตอร์ (flame photometric detector, FPD) (14,15)

การให้พลังงานกระตุ้น (excitation energy) เช่น ความร้อน หรือ ไฟฟ้ากับอะตอมของธาตุ อะตอมของธาตุก็จะเปล่งแสงออกมาเป็นเส้นสีต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า emission spectrum หรือ atomic spectrum ธาตุแต่ละธาตุ ใน emission spectrum ที่แตกต่างกันไป เส้นสีเหล่านี้แต่ละเส้นมีความยาวคลื่นเฉพาะ และมีบางเส้นเป็นลักษณะเฉพาะของธาตุแต่ละชนิดด้วย spectrum ของแต่ละธาตุก็แบบแผนที่สม่ำเสมอและมีความสัมพันธ์กัน

หลักการข้างต้นนี้ถูกนำมาใช้ใน FPD พลังงานกระตุ้นเกิดจากการเผา (ignition) สารตัวอย่างในเปลวของแก๊สไฮโดรเจน ความหนาแน่นของความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งออกมาเป็นสัดส่วนตรงกับจำนวนอะตอมของสารที่ถูกกระตุ้น ในขณะที่สารตัวอย่างมีความเข้มข้นสูง อะตอมที่จะถูกพลังงานกระตุ้นก็มาก และ emission spectrum ก็จะมีแรงไปด้วย ผลที่เกิดขึ้นนี้จะถูกส่งไปยัง photomultiplier ซึ่งจะทำให้การขยายและบันทึกผลของการตรวจวิเคราะห์โครมาโทแกรม ลักษณะพิเศษของ FPD คือ ใจตรวจเฉพาะสารที่มีฟอสฟอรัสและกำมะถัน เป็นองค์ประกอบ การที่จะให้ตรวจสารชนิดใดชนิดหนึ่งก็กล่าวถึงใส่เครื่องกรอง (optical filter) ที่ยอมให้ความยาวคลื่นของแสงของธาตุที่จะตรวจผ่านเท่านั้น นั่นคือ ถ้าจะใช้ FPD ตรวจสารที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ก็ใช้ optical filter ที่ยอมให้แสงเปล่งจากธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมีความยาวคลื่น 526 mu ผ่านไป แต่ถ้าจะตรวจหากำมะถัน ก็ใส่ optical filter ที่ยอมให้ความยาวคลื่นของกำมะถัน (394 mu) ผ่านเท่านั้น



ภาพ 3. แสดงแผนผังของเปลวไฮโดเมตริก ดีเทคเตอร์

เปลวไฮโดเมตริก ดีเทคเตอร์ถ่ายภาพ ไซแกสไนโตรเจนเป็นแกสตัวพา
ไอของสารประกอบที่คอลลัมน์แยกออกมาได้จะผสมกับแกสออกซิเจนและอากาศ
(air) ซึ่งช่วยการสันดาบ (combustion) ของสารในเปลวของแกสไฮโดร
เจน

บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

1. ตัวอย่าง

1.1 ชนิดของตัวอย่าง การศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ที่มีขายตามตลาดสดทั่วไป

1.2 วิธีเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างผักทั้ง 3 ชนิด โดยการสุ่มตัวอย่างจากตลาดสดในกรุงเทพมหานครรวม 20 แห่ง ทำการเก็บตัวอย่างผักทั้ง 3 ชนิดจากแต่ละแห่ง โดยออกเก็บครั้งละ 4 แห่ง หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ทดลองตัวอย่างผักจาก 4 ตลาดแรกเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงออกเก็บตัวอย่างผักทั้ง 3 จากตลาดแห่งอื่นอีกครั้งละ 4 ตลาด เช่นนั้นจนครบทั้ง 20 ตลาด หลังจากนั้นก็นำกลับมาเก็บตัวอย่างผักจากตลาดเดิมอีก 1 รอบ รอบที่ 2 นี้ ห่างจากรอบแรกประมาณ 60 วัน นำตัวอย่างผักมาล้างเอาดินโคลนออก เพื่อทำการทดลองต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 Hobart chopper

2.2 Waring blender กับ mixer cup

2.3 Kuderna - Danish evaporative concentrator ประกอบด้วย

- Snyder distilling column (Kontes Glass Company,

Vineland, New Jersey)

- Flask, 250 ml (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)

- Lower tube, 10 ml (Kontes Glass Company, Vineland,

N.J.)

2.4 Sweep Co - Distillation apparatus ประกอบด้วย

- Kontes Sweep Co - Distiller (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)
- Four place manifold connected flowmeter (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)
- Sample tube (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)
- Concentrator - Collection tube, 10 ml (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)
- Teflon tubing
- Injection septum

2.5 Tracor 222 gas chromatograph (Tracor Instruments, Texas) มีส่วนประกอบและสภาวะ (condition) ดังนี้

- ดีเทคเตอร์ : เพลม โฟโตเมทริก ดีเทคเตอร์
- คอลัมน์ : หัวค้ำยแก้วรูปตัวยู (U) ยาว 6 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอก $\frac{1}{4}$ นิ้ว
- : บรรจุด้วย 3% OV-1 (methyl silicone) on 100-120 mesh Chromosorb W, HP

Optical filter : 526 มิลลิไมครอน (MU)

- อุณหภูมิ : injection port = 225°C
- oven = 190°C
- detector = 180°C

แก๊สตัวพา (Carrier gas) : ไนโตรเจน (oxygen-free) - อัตราไหล 80 มล.ต่อนาที

ความเร็วของกระดาษแผนภูมิ (chart speed) = 30 นิ้วต่อชั่วโมง

Input attenuator = 10^2

Output attenuator = 32

Bucking range = 6

Auxiliary gas : ไฮโดรเจน อัตราไหล 150 มล./นาที
ออกซิเจน อัตราไหล 15-18 มล./นาที
อากาศ อัตราไหล 40 มล./นาที

2.6 Thin - layer Chromatography อุปกรณ์ประกอบด้วย

- Applicator (Shandon Scientific Co., Ltd.)
- Mounting board (Shandon Scientific Co., Ltd.)
- Chromatographic tank (Shandon Scientific Co., Ltd.)
- Spray gun (Shandon Scientific Co., Ltd.)
- กระจกปูสีเหลืองมาตุรัส ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร

2.7 เครื่องมืออื่น ๆ

- Beaker ขนาดต่าง ๆ
- Erlenmeyer flask, 125 ml
- Pipet, 1 ml , 10 ml
- กระจกตวง, 100 ml
- กรวย
- แท่งแก้ว (glass rod)
- นาฬิกาจับเวลา
- ช้อน (spatula)
- เครื่องชั่งชนิดละเอียดและชนิดหยาบ
- ขวดใส่สารละลาย มีฝาปิด
- กระดาษแก้วสำหรับเขียนรายละเอียดของสารเคมีที่บรรจุในภาชนะต่าง ๆ เช่น ขวด

- Aluminum foil
- Water bath Thelco model 83 (Precision Scientific Co.)
- Boiling chip
- UV lamp
- Microliter syringe, 10 ml (Hamilton Co., Inc.)
- Hypodermic syringe, 1 ml (Fortuna W.G. Co.)
- โกร่ง (mortar)

3. สารเคมี

3.1 Ethyl acetate - distilled in glass (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)

3.2 Pesticide standard solution - เตรียมสารละลายของวัตถุที่มีพิษ ที่ผสมระหว่างไดอาซินอน อีไซออน มาลาไซออน เม็ทริลพาราไซออน พาราไซออน ฟอสคริน และไตรไซออน ซึ่งแต่ละชนิดมีความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม ต่อ 1 มล. ใช้ 2,2,4 - trimethylpentane เป็นตัวทำละลาย

3.3 2,2,4 - trimethylpentane (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)

3.4 Hexane (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)

3.5 Acetone (Kontes Glass Company, Vineland, N.J.)

3.6 Diethyl ether (BDH Chemicals Ltd.)

3.7 Methanol (Matheson Coleman & Bell)

3.8 Anhydrous sodium sulfate (May & Baker Ltd.)

3.9 Silanized glass wool (Alltech Associates)

3.10 Silica gel G. (Merck)

3.11 Developing solvents:

a. Petroleum ether (Kontes Glass Co., Vineland, N.J.) + methanol (Matheson Coleman & Bell) (95 + 5)

b. 20% methanol (Matheson Coleman & Bell) in benzene (Hopkin & Williams)

3.12 Chromogenic agents

- Stock dye solution

a. Silver nitrate solution ละลาย silver nitrate (Matheson Coleman & Bell) 10 กรัมในน้ำ 100 มล.

b. Fluorescein solution ละลาย fluorescein (Seelze-Hannover) 0.25 กรัมใน N, N-dimethylformamide (BDH Chemicals Ltd.) 100 มล.

- Working dye solution

a. Silver nitrate solution เอา stock silver nitrate solution 5 มล. ทำให้เจือจางด้วย acetone 95 มล.

b. Fluorescein solution เอา stock fluorescein solution 5 มล. ทำให้เจือจางด้วย ethanol (Merck) 95 มล.

3.13 Bromine solution เตรียมโดยเอา bromine solution 5 มล. ผสมกับ carbon tetrachloride (Matheson Coleman & Bell) 95 มล.

4. วิเคราะห์เนื้องอกทดลอง (16) กระทำตามขั้นตอนดังนี้

4.1 Subsampling โดยนำตัวอย่างผัก 1 กก. มาสับ (chop) ให้ละเอียด โดยเครื่อง Hobart chopper (ภาพ 5) แล้วชั่งตัวอย่างมา 2 ส่วน ๆ ละ 25 กรัม

4.2 Extraction เพื่อสกัดเอาวิตามินพีทจากออร์แกนโนฟอสเฟตส์ ที่ตกค้างอยู่ออกจากผัก โดยเอาผักที่สับแล้ว 25 กรัม ใส่ใน mixer cup เติมน้ำละลาย ethyl acetate 125 มล. และ anhydrous sodium sulfate 25 กรัม บดของผสมด้วยเครื่อง waring blender ที่ความเร็วต่ำ 5 นาที และที่ความเร็วสูงอีก 5 นาที จากนั้นกรองของผสมผ่าน silanized glass wool

เก็บสารละลายที่ได้ไว้ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. ล้างภาชนะ และ mixer cup ด้วย ethyl acetate รวมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วปรับปริมาตรของสารละลายให้เท่ากับ 125 มล.

วิธีปรับปริมาตรของสารละลาย

ก. ถ้าสารละลายมีปริมาตรมากกว่า 125 มล. ลดปริมาตรโดยการเป่าด้วยอากาศหรือแก๊สไนโตรเจน

ข. ถ้าสารละลายมีปริมาตรน้อยกว่า 125 มล. ให้เติม ethyl acetate จนถึงขีดที่ต้องการ

4.3 Concentration ทำสารละลายของวัตถุที่มีพิษที่สกัดได้จากผักให้เข้มข้นขึ้นโดยการระเหยด้วยเครื่องมือ Kuderna-Danish evaporative concentrator (ภาพ 6, 7) วิธีทำคือ แบ่งสารละลายที่สกัดได้มา 50 มล. ซึ่งเท่ากับผัก 10 กรัม ใส่ใน flask ที่ต่อปลายล่างกับ lower tube ใส่ boiling chip 2 เม็ดลงไปในสารละลาย ส่วนปลายบนของ flask ด้วย snyder distilling column แล้วตั้งเครื่องมือไว้บน water bath ที่มีน้ำเดือดอยู่ โดยให้ปลายล่างของ lower tube จุ่มอยู่ในน้ำเดือด ให้น้ำจะหุ้มห่อรอบ ๆ lower tube ทำให้ตัวทำละลายร้อนและระเหยออกไป จนเหลือปริมาณตามต้องการ เก็บสารละลายเข้มข้นไว้ในขวด ปรับปริมาตรให้เท่ากับ 5 มล. ซึ่งเท่ากับน้ำหนักผัก 10 กรัม

การลดปริมาตรสารละลายนี้ ให้กระทำในตู้ระบายควัน เพราะมีเครื่องดูดไอของสารแล้วระบายออกเบื้องบน เป็นการลดอันตรายให้กับผู้ปฏิบัติการ และผู้อยู่ใกล้เคียง

4.4 Cleanup ใช้ Sweep Co-Distiller (ภาพ 8) เพื่อทำให้สารละลายของวัตถุที่มีพิษที่สกัดได้จากผักให้สะอาด ปราศจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น สี ไขมัน น้ำมัน และสิ่งสกปรกอื่น ๆ วิธีทำความสะอาด (17) ดังนี้

4.4.1 เปิดเครื่อง Sweep Co-Distiller ให้เตาร้อน
170 - 180°c ประมาณ 6 นาที

4.4.2 เตรียม sample tube บรรจุ silanized glass wool
(อบที่ 130 - 150°c อย่างน้อย 18 ชั่วโมงก่อนใช้ เพื่อขจัดสิ่งแปลกปลอม)
เข้าใน sample tube ประมาณ 5 - 6 นิ้ว จาก injection port ไม่ให้
ใยแก้วหดรหรือแน่นเกินไป สวม injection septum เข้าที่ injection port
แล้วใส่ tube เข้าตำแหน่งเดิมในเตา เปิด flowmeter ให้แกสตัวพา
(ไนโตรเจน) ไหลเข้า sample tube มีอัตราไหล 600 มล. ต่อ นาที เมื่อฉีด
สารละลายเข้าไป สารละลายจะกลายเป็นไอและถูกแกสไนโตรเจนพา (sweep)
ไป

4.4.3 ต่อ Teflon tubing ซึ่งเชื่อมต่อในน้ำแข็ง เข้าที่ปลายทาง
ออกของ sample tube อีกปลายหนึ่งของ Teflon tubing วางอยู่ใน
concentrator-collection tube โดยให้อยู่เหนือสารละลายใน collection tube
ประมาณ 1.5 นิ้วเสมอ

4.4.4 ฉีดสารละลาย ethyl acetate เข้า sample tube
หลาย ๆ ครั้ง เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกของ glass wool

4.4.5 ฉีดสารละลายวัสดุที่มีพิษที่สกัดจากผักที่เข้มข้นจากข้อ 4.3
จำนวน 1 มล. (เท่ากับผัก 2 กรัม) เข้า sample tube ฉีดตามด้วยสารละลาย ethyl
acetate อีก 4 ครั้ง ๆ ละ 0.5 มล. ในช่วงทาง 3 นาทีต่อการฉีด 1 ครั้ง
เมื่อชะล้างวัสดุที่มีพิษที่ติดอยู่กับใยแก้วออกมาให้หมด สารละลายที่ฉีดจะกลายเป็นไอ
แล้วถูกแกสไนโตรเจนพาออกไปเข้า Teflon tubing ซึ่งเย็นกว่า ไอของสารก็
จะควบแน่นเป็นของเหลว (distillate) ที่ใส่สะอาดไหลลง concentrator-
collection tube

4.4.6 คึง Teflon tubing ออกจาก sample tube แล้ววาง
Teflon tubing ด้วยสารละลาย ethyl acetate และให้รวมกับ distillate

4.4.7 เก็บ distillate ไว้ในขวดเล็ก ๆ ปริมาตรให้เท่ากับ 1 มล. ถ้าหากปริมาณเกิน 1 มล. ต้องลดปริมาณลง ในการนี้ให้แช่ขวดสารในน้ำตลอดเวลาที่เป่าด้วยอากาศหรือแกสไนโตรเจน เพื่อป้องกันการควบแน่นของน้ำภายในขวด สารละลายที่ได้สุดท้ายจะสะอาดพอที่จะตรวจด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟได้โดยไม่ทำให้คอลัมน์สกปรก

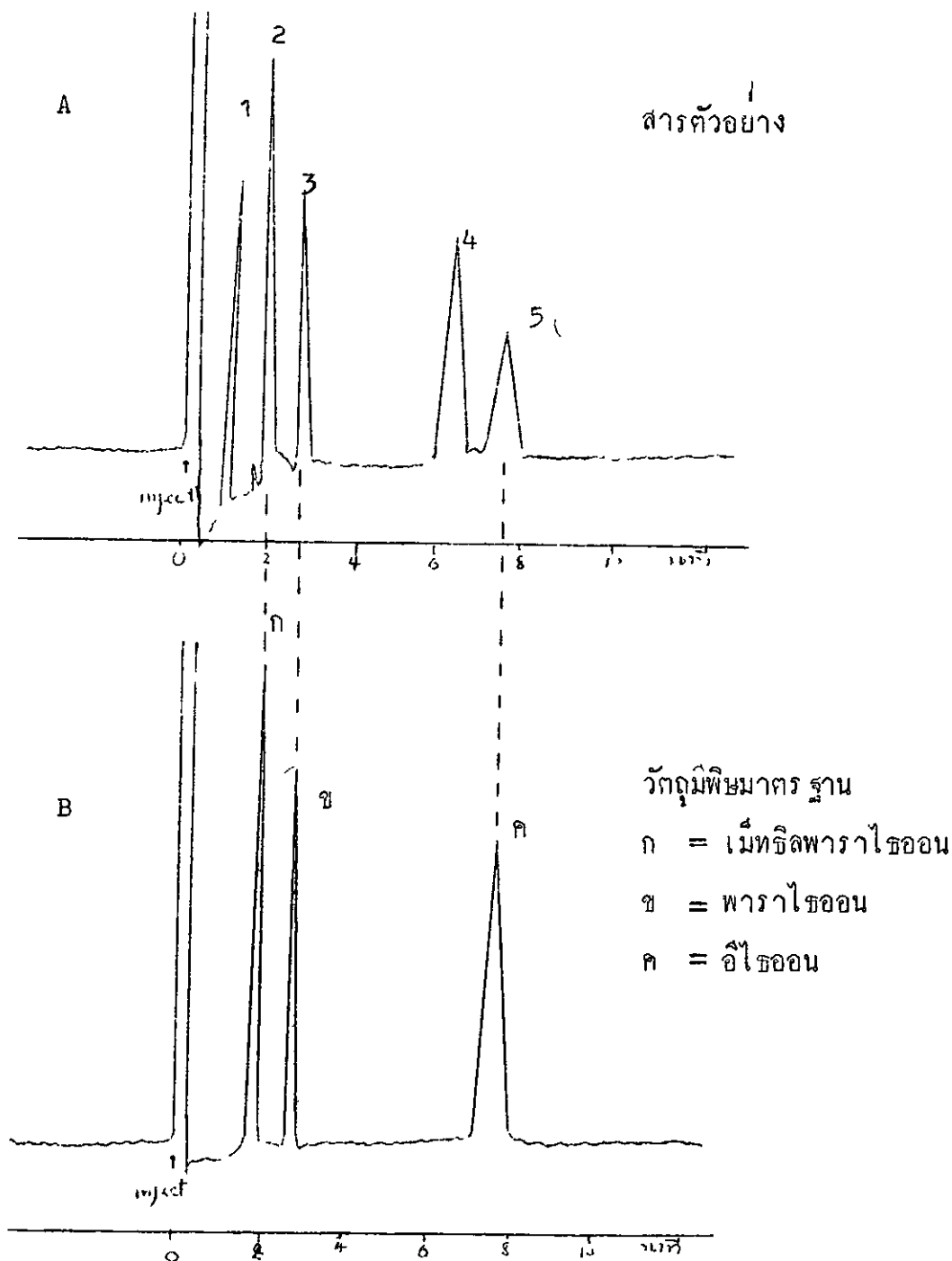
4.5 ตรวจหาวัตุมีพิษตกค้างด้วยแกสโครมาโตกราฟ

4.5.1 จัดสภาวะต่าง ๆ ของ Tracor 222 gas chromatograph (ภาพ 9) (18) ตามรายการดังกล่าวไว้ในข้อ 2.5

4.5.2 ใช้ microliter syringe ขนาด 10 ไมโครลิตร ฉีดสารละลายวัตุมีพิษมาตรฐานและสารละลายสกัดจากผักตัวอย่างที่คลีนอัพแล้วจากข้อ 4.4 เพื่อเปรียบเทียบกัน คอลัมน์จะทำการแยกส่วนประกอบของสารที่ปนกัน ผ่านมาให้คิเทคเตอร์ตรวจและวัด แล้วส่งผลออกมาบันทึกไว้ ซึ่งจะเห็นเป็นพีค (peak) ของสารต่าง ๆ ที่แยกมาจากคอลัมน์บนกระดาษแผนภูมิ (chart) ในเวลาต่าง ๆ กัน

4.5.3 ตรวจหาชนิดของวัตุมีพิษที่ตกค้างในตัวอย่างผัก โดยเปรียบเทียบ retention time ระหว่างพีคที่เกิดจากตัวอย่างผักกับพีคของวัตุมีพิษมาตรฐานที่ตรวจภายใต้สภาวะเดียวกัน วัตุมีพิษชนิดเดียวกันจะมี retention time เท่ากัน

วิธีตรวจหาชนิดของวัตถุที่มีพิษตกค้าง โดยการเปรียบเทียบพีคของโครมาโตแกรม
ของสารตัวอย่างกับโครมาโตแกรมของวัตถุที่มีพิษมาตรฐาน ภายใต้สภาวะเดียวกัน
ดังภาพ 4



ภาพ 4 การตรวจพิกของสารตัวอย่าง (A) โดยใช้พิกของสารมาตรฐาน (B)

A เป็นโครมาโตแกรมของสารตัวอย่าง B เป็นโครมาโตแกรมของวัตถุที่มีพิษมาตรฐาน เกิดภายใต้สภาวะเดียวกัน เมื่อเทียบ retention time ของพีคต่าง ๆ ของโครมาโตแกรม A กับ B ปรากฏว่า พีคที่ 2, 3 และ 5 ของ A มี retention time เท่ากับพีค ก, ข และ ค ของ B ตามลำดับ แสดงว่าสารตัวอย่าง A มีเมทิลพาราไอโซอน, พาราไอโซอน และอไอโซอน

4.5.4 จำนวนปริมาณของวัตถุที่มีพิษตกค้างในตัวอย่างผักด้วยวิธีเปรียบเทียบพื้นที่สามเหลี่ยมของพีคตัวอย่างผักกับพื้นที่สามเหลี่ยมของพีควัตถุที่มีพิษมาตรฐานที่มี retention time เท่ากันและสภาวะเดียวกัน ในเมื่อเราได้ทราบความเข้มข้นของวัตถุที่มีพิษในพีคมาตรฐาน ย่อมคำนวณความเข้มข้นของวัตถุที่มีพิษในพีคของตัวอย่างผักได้ มีวิธีคำนวณดังนี้

สมมติสารละลายวัตถุที่มีพิษมาตรฐาน A ปริมาณ n ไมโครลิตร มีเนื้อ n นะโนกรัม ทำให้เกิดพีคมาตรฐานมีพื้นที่สามเหลี่ยม x ตร.ซม.

ได้พบว่าสารละลายตัวอย่างผักจากตลาดบางรัก มีวัตถุที่มีพิษ A ตกค้างอยู่ และสารละลายนี้ v ไมโครลิตร ทำให้เกิดพีคมีพื้นที่สามเหลี่ยม y ตร.ซม.

แสดงว่า พื้นที่สามเหลี่ยมของพีคมาตรฐาน x ตร.ซม. มีวัตถุที่มีพิษ A = n นะโนกรัม

พื้นที่สามเหลี่ยมของพีคตัวอย่างผัก y ตร.ซม. มีวัตถุที่มีพิษ A $\frac{n \cdot x \cdot y}{x}$ "

เราทราบว่าสารละลายผักตัวอย่าง v ไมโครลิตร = ผักหนัก g มก.

∴ ตัวอย่างผักหนัก g มก. มีวัตถุที่มีพิษ A $= \frac{n \cdot x \cdot y}{x}$ นะโนกรัม

ตัวอย่างผักหนัก 1 มก. มีวัตถุที่มีพิษ $= \frac{n \cdot x \cdot y \cdot \text{ตร.ซม.}}{x \cdot \text{ตร.ซม.} \cdot g \cdot \text{มก.}}$

$= \frac{ny}{xg}$ นะโนกรัม
มก.

$= a \text{ ppm}$



图 5 Hobart chopper

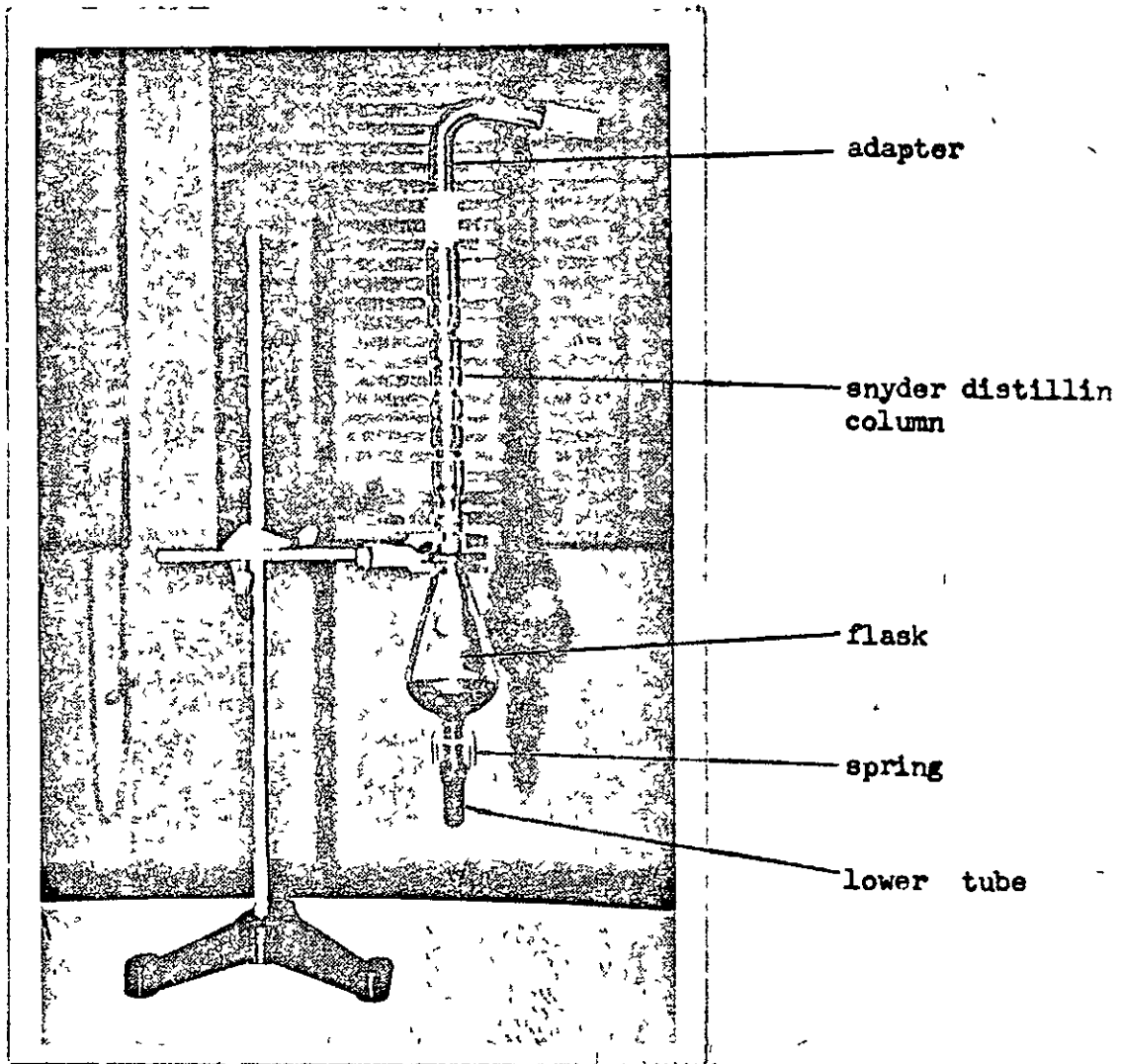
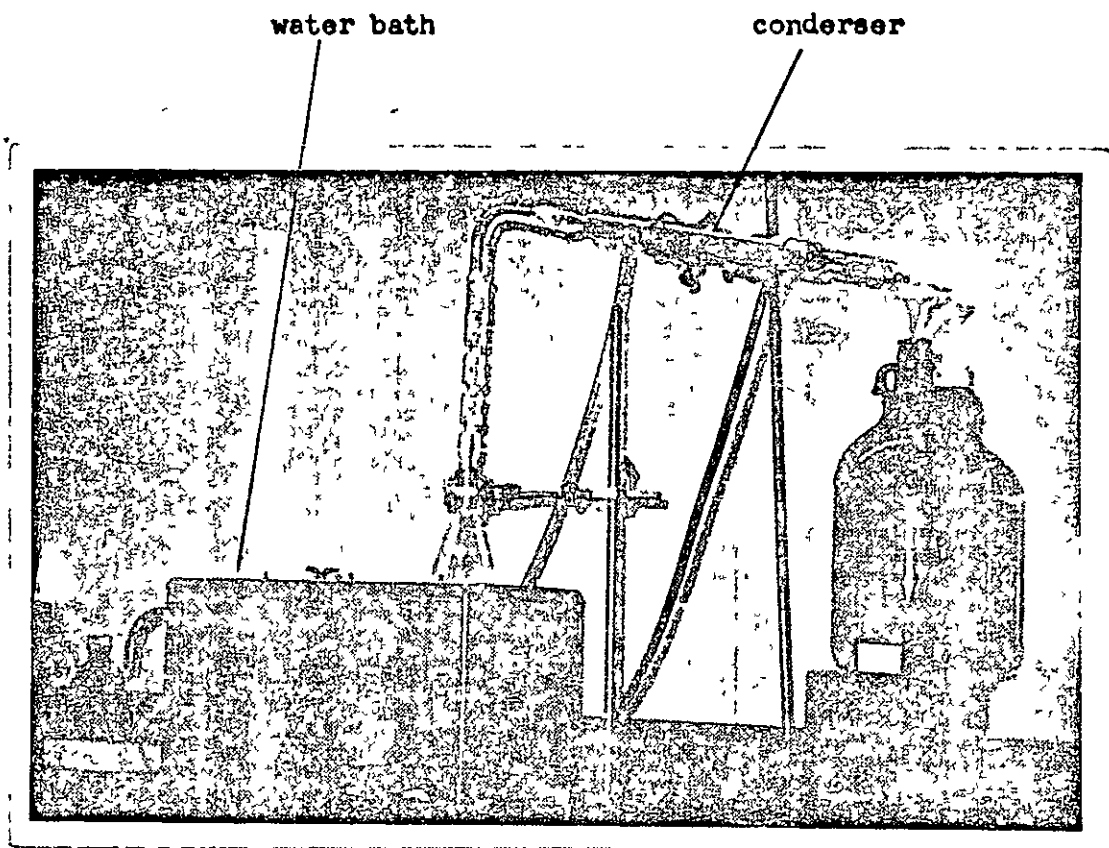
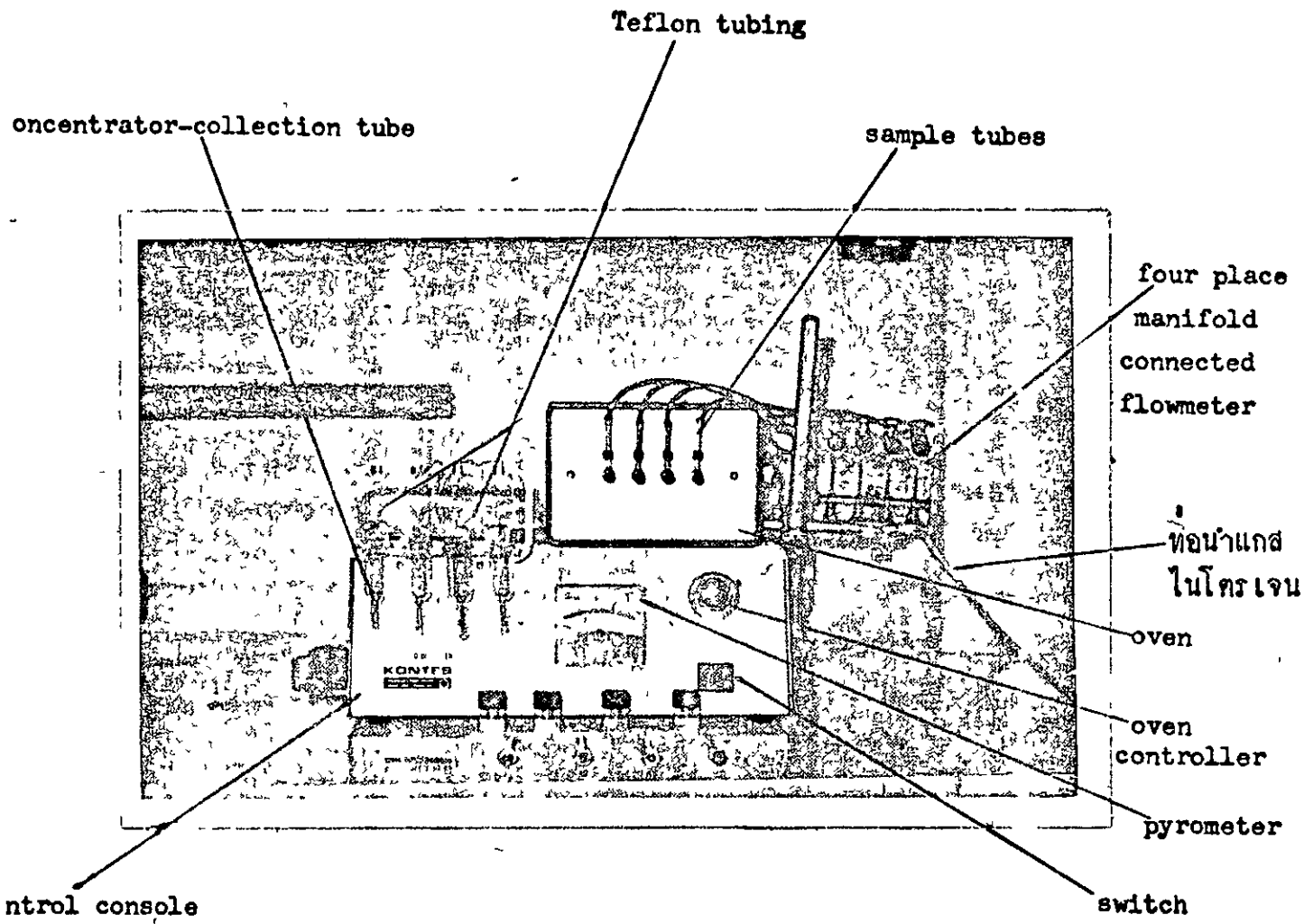


FIG 6 Kuderna-Danish evaporative concentrator



ภาพ 7 การลดปริมาณครวญ Kuderna-Danish evaporative concentrator



ภาพ 8 Sweep Co-Distiller

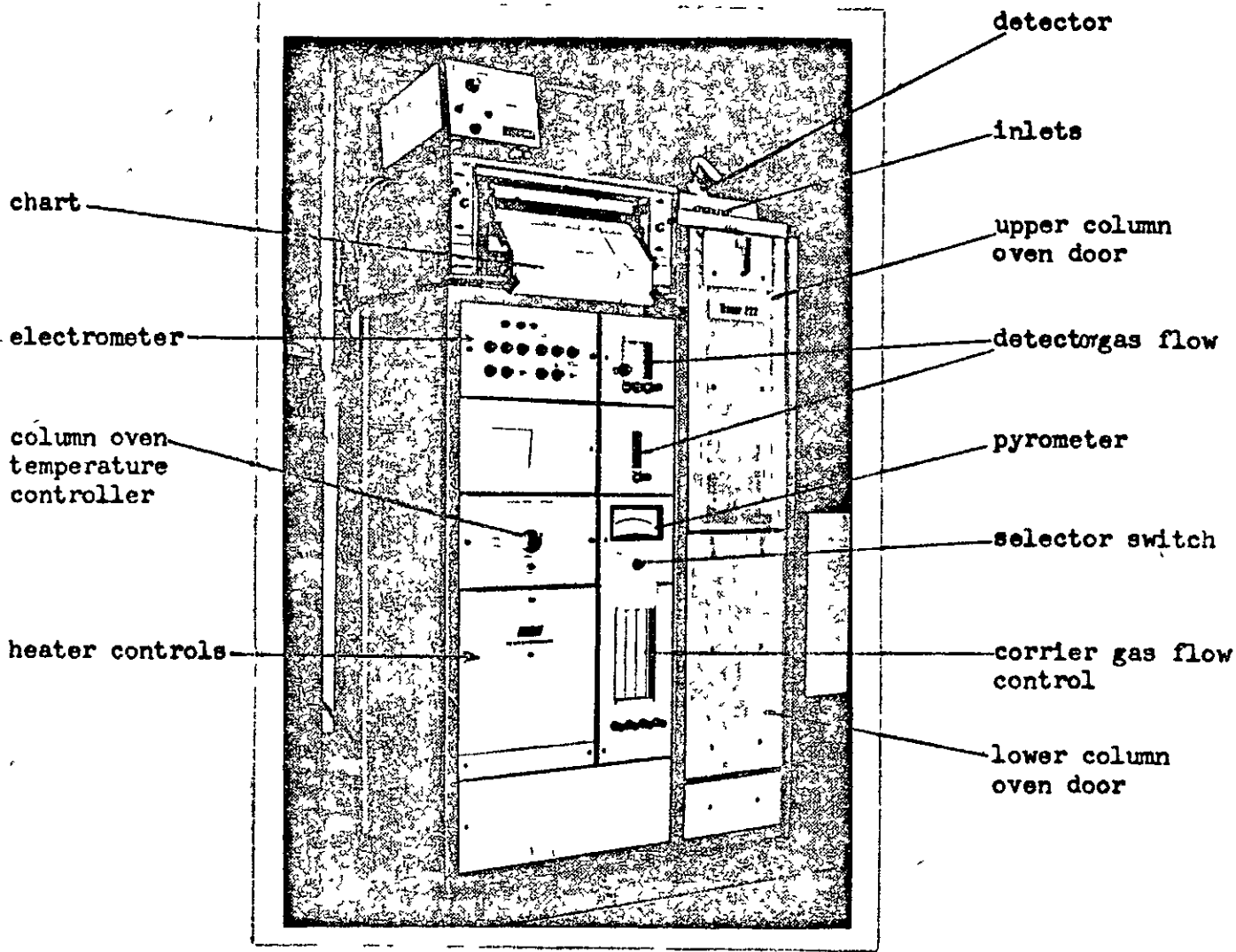


FIG 9 Tracor 222 Gas Chromatograph

4.6 การตรวจชนิดของวัตถุที่มีพิษตกค้างด้วย thin-layer chromatography (19, 20, 21) เพื่อยืนยันผลของการทดลองจากแกสโครมาโตกราฟี การทดลองนี้จึงเป็นเพียง semiquantitative เท่านั้น

4.6.1 การทำแผ่นกระจกเคลือบ

ล้างแผ่นกระจกที่จะเคลือบด้วยน้ำสบู่ แล้ววางบน mounting board (ภาพ 10) จัดให้ขอบกระจกชิดกันและรอยต่อเรียบสนิท เช็ดกระจกให้ทั่วด้วย acetone, hexane, methanol และ diethyl ether ตามลำดับ เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและรอยคราบต่าง ๆ วาง applicator บนกระจกแผ่นแรก ตั้งความหนาของ applicator ตามที่เราต้องการเคลือบ คือ 0.30 มม.

ซึ่ง silica gel G 30 กรัม ซึ่งเพียงพอที่จะเคลือบบนแผ่นกระจก 5 แผ่น เท silica gel ลงในโกร่ง (mortar) เติมน้ำกลั่น 60 มล. กวน silica gel ให้ผสมเข้ากับน้ำ โดยพยายามไม่ให้เกิดฟองอากาศ แล้วเทลงใน applicator มือทั้ง 2 จับหู 2 ข้างของ applicator ค่อย ๆ ลากไปตามแผ่นกระจกด้วยความแรงและความเร็วสม่ำเสมอ ปล่อยให้กระจกแห้งบน mounting board นานประมาณ 15 นาที แล้ว activate ในตู้อบที่ 100°C ประมาณ 30 นาที จึงเอา plate ออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็น ก็จะนำไปใช้ได้

4.6.2 การทดลอง

4.6.2.1 การเตรียมตัวกระจกเคลือบก่อนหยดสาร ใช้วัตถุปลายแหลมเล็กจุก 2 จุดที่ริมซ้ายและขวาของ plate ห่างจากขอบล่าง 2 ซม. ห่างจากริมด้านข้าง 2 ซม. เส้นสมมติระหว่าง 2 จุดนี้ใช้เป็นแนวเริ่มต้นของสาร ลากเส้นจาก 2 จุดนี้ไปขอบซ้ายและขวา และลากขึ้นไปด้านบนยาว 10 ซม. เพื่อกำหนดเป็นระยะที่จะให้ตัวทำละลายขีมิไป (solvent front)

4.6.2.2 เอาสารละลายที่สกัดจากผักตัวอย่างซึ่งได้ตรวจด้วยวิธีแกสโครมาโตกราฟีแล้ว นำมาละลายโดยใช้แกสไนโตรเจนจนปริมาณเหลือน้อยที่สุด ใช้ microliter syringe หยดสารละลายตัวอย่างผักและสารละลาย

วัตถุดิบมาตรฐานตรงแนวเริ่มต้น ในช่องทางระหว่างจุดยาว 1 ซม. หรือมากกว่า พยายามให้จุดมีขนาดเล็กที่สุด แล้วย้าย plate ที่หยกสารแล้วไปวางใน chromatographic tank ที่บรรจุ developing solvent (ขอ 3.11) อยู่แล้ว ปิดฝา tank ให้สนิท developing solvent จะซึมสารคูดขึ้นไปยังจุด ๆ จนถึงขีด solvent front เอา plate ออกจาก tank ปล่อยให้ตัวทำละลายในสารคูดซึมระเหยประมาณ 10 นาที แล้วย้ายไปบนไอของโม่เงิน เพื่อจะช่วยให้สีของจุดชัดเจนยิ่งขึ้น จากนั้นฉีดบน plate ด้วยสารละลายให้สี (working dye solution) (ขอ 3.12 a - b) ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของ developing solvent แล้วทิ้งไว้ในตู้ระบายควันประมาณ 10 นาที จึงเอาไปส่องแสง-อุลตราไวโอเลตประมาณ 10 นาที ก็จะได้เห็นจุดของสารต่าง ๆ ที่ตัวทำละลายพาขึ้นไป เปรียบเทียบค่า R_f ของจุดของตัวอย่างกับจุดของวัตถุดิบมาตรฐาน ก็จะทราบว่สารตัวอย่างมีวัตถุดิบตัวใดตกค้างอยู่ ทั้งนี้อาศัยหลักที่ว่า สารชนิดเดียวกันจะมีค่า R_f เท่ากัน

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ไป}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ไป}}$$

หมายเหตุ การทดลองครั้งนี้ใช้ developing solvent 2 อย่างตามความเหมาะสม ดังนี้

ก. Petroleum ether + methanol (95 + 5) สำหรับตรวจโคอาซิโนน อีไซออน มาวาไซออน เมทริลพาราไซออน พาราไซออน และไตรไซออน และฉีดบนด้วยสารละลาย silver nitrate

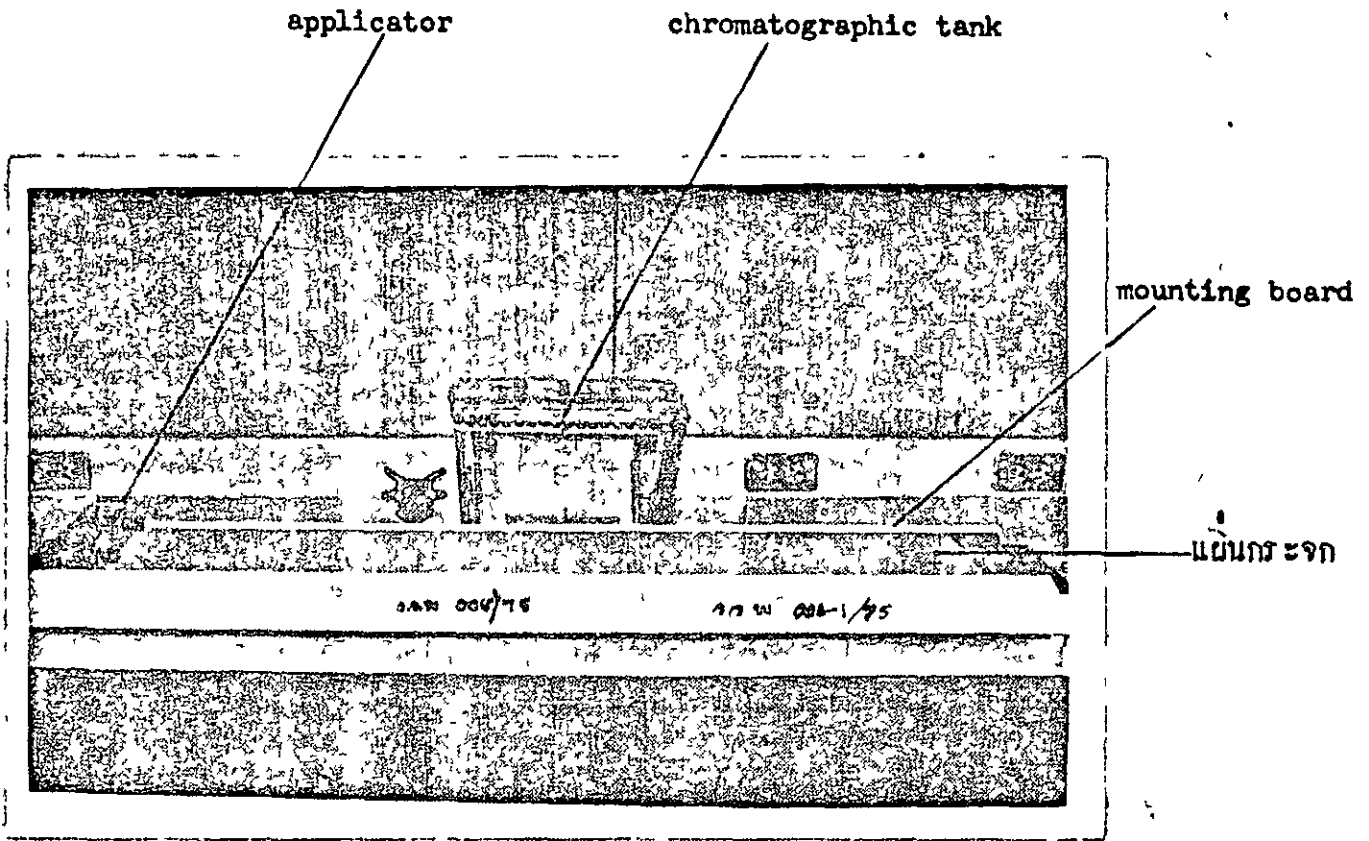
ข. 20 % methanol in benzene สำหรับตรวจฟอสครินและฉีดบนด้วยสารละลาย fluorescein

ประสิทธิภาพของ thin-layer chromatography ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ดังรายละเอียดในตาราง 2

ตาราง 2 ประสิทธิภาพของ developing solvents ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของ วัตถุที่พบบ	developing solvent	dye solution		
ฟอสคริน	20% methanol in benzene	Fluorescein	1.0	0.58
	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	5.0	0.05
มาลาไซรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.05	0.4
เมทิลพาราไซรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.2	0.5
โกอาซิรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.2	0.57
พาราไซรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.2	0.64
อีไซรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.1	0.74
ไตรไซรอน	Petroleum ether + methanol (95+5)	Silver nitrate	0.1	0.81

ตาราง 2 แสดงว่า ใช้ 20% methanol in benzene เป็น developing solvent จะสามารถตรวจฟอสครินปริมาณ 1 ไมโครกรัม และค่า R_f เท่ากับ 0.58 ส่วนใช้ petroleum ether + methanol (95+5) จะสามารถตรวจฟอสคริน มาลาไซรอน เมทิลพาราไซรอน โกอาซิรอน พาราไซรอน อีไซรอน และไตรไซรอน ในปริมาณ 5, 0.05, 0.2, 0.2, 0.2, 0.1 และ 0.1 ไมโครกรัมตามลำดับ และมีค่า R_f เท่ากับ 0.05, 0.4, 0.5, 0.57, 0.64, 0.74, และ 0.81 ตามลำดับ



ภาพ 10 อุปกรณ์ของ Thin-Layer Chromatography

5. Percent Recoveries การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสกัดวัฏภูมิพิษ

ก่อนทำการวิเคราะห์หาปริมาณวัฏภูมิพิษตกค้างในตัวอย่างผัก ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์รีคัฟเวอรีของวัฏภูมิพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตส์ที่จะศึกษาทั้ง 7 ชนิด โดยเติมวัฏภูมิพิษเหล่านี้ในระดัับ 1 ppm ลงในผักคะน้าที่ผู้วิจัยได้ปลูกเองและไม่ได้ใช้วัฏภูมิพิษใด ๆ ระหว่างปลูก แล้วทำการทดลองตามวิธีการดังกล่าวไว้ข้างต้นทุกขั้นตอน (ข้อ 1 ถึงข้อ 4.5) และทำการตรวจหาปริมาณออร์แกนโนฟอสเฟตส์ที่ได้คืนมาโดย ~~แคล์~~ สเปกโตรมิเตอร์ โคโรมาโตกราฟีตามสภาวะดังกล่าวไว้ในข้อ 2.5

พร้อมกันนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อควบคุมขบวนการทดลองสารเคมีและผัก โดยใช้ผักคะน้าเหมือนกัน วิธีการเดียวกัน แต่ไม่ได้เติมวัฏภูมิพิษลงในผัก (control) จุดประสงค์เพื่อจะดูว่ามีวัฏภูมิพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น ดินที่ใช้ปลูกผัก หรือสารเจือปนจากผักหรือไม่ ซึ่งทำให้เกิดพีคที่มี retention time เท่ากับพีคของวัฏภูมิพิษมาตรฐานที่จะศึกษาทั้ง 7 ชนิด ผลการศึกษาแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 Percent recoveries ของออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด
ที่เติมในผักคะน้า

ตัวอย่าง	วัตถุมีพิษ	จำนวนที่เติม ppm	จำนวนที่ตรวจพบ ppm	% recovery ของวัตถุมีพิษที่เติม
ผักคะน้า	โคอาซิโนน	1	0.93	93
	อีไรซอน	1	1.04	104
	มาลาไรซอน	1	0.81	81
	เมทริลพาราไรซอน	1	0.77	77
	พาราไรซอน	1	0.95	95
	ฟอสคริน	1	1.14	114
	ไทรไรซอน	1	1.09	109
ผักคะน้า	ทั้ง 7 ชนิด	0	0	-

ตาราง 3 แสดง percent recoveries ของออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่เติมลงในผักคะน้าในระดับ 1 ppm ได้ recoveries ของวัตถุมีพิษ แต่ละชนิด ดังนี้ โคอาซิโนน 93% อีไรซอน 104% มาลาไรซอน 81% เมทริลพาราไรซอน 77% พาราไรซอน 95% ฟอสคริน 114% และ ไทรไรซอน 109% ส่วนผักคะน้าที่ทำ control ตรวจไม่พบวัตถุมีพิษหรือสารใด ๆ ที่ทำให้เกิดพิษที่มี retention time เท่ากับพิษของวัตถุมีพิษที่จะศึกษาทั้ง 7 ชนิด ผลของการศึกษา แสดงว่าวิธีการทดลองดังกล่าวเป็นวิธีการที่ดี เพราะออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 6 ชนิด ให้ recoveries สูงกว่า 80% และเมทริลพาราไรซอนชนิดเดียวที่ให้ recovery ต่ำกว่า 80%

ผลของการทดลอง

1. ผลของการตรวจปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์บางชนิด (ได้แก่ ไคอาซอินอน อีไรซอน มาลาไรซอน เมทิลพาราไรซอน พาราไรซอน ฟอสคริน และไตรไรซอน) ที่ตกค้างในตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บจากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่างผักจากตลาดสดเหล่านี้ 2 รอบ และตรวจพบปริมาณวัตถุมีพิษตกค้าง ดังแสดงในตาราง 4 และ 5

ตาราง 4 ผลของการตรวจปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่างจากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ในรอบแรก ระหว่างวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2518 ถึงวันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2518

	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ, ppm						
			ไคอาซอินอน	อีไรซอน	มาลาไรซอน	เมทิลพาราไรซอน	พาราไรซอน	ฟอสคริน	ไตรไรซอน
1	ผักกาดหอม	ตลาดแก้ว	-	-	-	-	-	-	-
		เขาวราช	-	-	-	-	-	-	-
2	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	3.63	-
3	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	1.51	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวิตามินพีที่ตรวจพบ, ppm						
			โคบาลินอน	อีไลซอน	มาลาไซซอน	เมพิล พาราไซซอน	พาราไซซอน	ฟอสคริน	ไตรไซซอน
4	ผักกาดหอม	ตลาดคลองเตย	-	-	-	-	-	-	-
5	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	4.03	-
6	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
7	ผักกาดหอม	ตลาดจันทร์- สโมสร	-	-	-	-	-	-	-
8	ผักคะน้า	บางกระบือ	-	-	-	-	-	-	-
9	ผักบุ้งจีน		-	0.09	-	-	-	-	-
10	ผักกาดหอม	ตลาดดาวคอง	-	-	-	-	-	-	-
11	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
12	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
13	ผักกาดหอม	ตลาดหัวทรัพย์	-	-	-	-	-	1.23	-
14	ผักคะน้า	บางแค	-	-	0.17	-	-	-	-
15	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
16	ผักกาดหอม	ตลาดท่าเตียน	-	-	-	-	-	-	-
17	ผักคะน้า		-	0.01	-	-	-	-	-
18	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
19	ผักกาดหอม	ตลาดเทวราช	0.03	-	-	-	0.06	-	-
20	ผักคะน้า	เทเวศน์	0.34	0.16	-	-	0.04	-	-
21	ผักบุ้งจีน		-	0.02	-	-	-	-	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุที่มีที่ตรวจพบ, ppm						
			โคคาอินอน	อีโรดอน	มาดาโรดอน	เมพิริค พาราโรดอน	พาราโรดอน	ฟอสตรีน	ไตรโรดอน
22	ผักกาดหอม	ตลาดบางซื่อ	-	-	-	-	-	-	-
23	ผักคะน้า		-	-	-	0.25	-	1.67	-
24	ผักบุ้งจีน		0.04	0.19	-	-	0.06	-	-
25	ผักกาดหอม	ตลาดบางรัก	-	-	-	-	-	-	-
26	ผักคะน้า		-	-	-	0.04	-	-	-
27	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
28	ผักกาดหอม	ตลาดประตูน้ำ	0.04	-	-	-	-	-	0.47
29	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
30	ผักบุ้งจีน		-	0.03	-	-	-	-	-
31	ผักกาดหอม	ปากคลองตลาด	-	-	-	-	-	-	-
32	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	2.66	-
33	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
34	ผักกาดหอม	ตลาดพญาไท	-	-	-	-	-	-	-
35	ผักคะน้า		-	-	-	0.01	-	1.65	-
36	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
37	ผักกาดหอม	ตลาดพรานนก	-	-	-	-	-	-	-
38	ผักคะน้า		-	-	-	0.06	-	-	-
39	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุที่มีพิษที่ตรวจพบ, ppm					ไตรไซลอน	
			ไดออกซิน	อีไซลอน	พอลาไซลอน	เมทิล พาราไซลอน	ไตรไซลอน		
40	ผักกาดหอม	ตลาดรุ่งอรุณ	-	-	-	-	-	2.69	-
41	ผักคะน้า	พระโขนง	-	-	-	-	-	-	-
42	ผักบุ้งจีน	-	-	-	-	-	-	-	-
43	ผักกาดหอม	ตลาดวงเวียน ใหญ่	-	-	-	-	-	-	-
44	ผักคะน้า	-	-	-	-	-	-	0.77	-
45	ผักบุ้งจีน	-	-	-	-	-	-	-	-
46	ผักกาดหอม	ตลาดศรีศุภราษ	-	-	-	-	-	-	-
47	ผักคะน้า	สะพานควาย	-	-	-	-	-	-	-
48	ผักบุ้งจีน	-	-	-	-	-	-	-	-
49	ผักกาดหอม	ตลาดสะพาน ใหม่	-	-	-	-	-	-	-
50	ผักคะน้า	บางเขน	-	-	-	0.02	-	0.08	-
51	ผักบุ้งจีน	-	-	-	-	-	-	-	-
52	ผักกาดหอม	ตลาดสิริพงษ์ บางกะปิ	-	-	-	-	-	-	-
53	ผักคะน้า	-	-	-	-	-	-	-	-
54	ผักบุ้งจีน	-	-	0.12	-	-	-	1.14	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ, ppm						
			โคคาอินอน	อีโรอน	มาลาโรอน	เมทิลดี พาราโรอน	พาราโรอน	พอสตรีน	ไซโรโรอน
55	ผักกาดหอม	ตลาดหัวลำโพง	-	-	-	-	-	-	-
56	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
57	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
58	ผักกาดหอม	ตลาดอมรพันธุ์ บางเขน	-	-	0.06	-	-	-	-
59	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
60	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-

จากการตรวจหาปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบแรก โดยได้ตัวอย่างผักทั้งหมด 60 ตัวอย่าง และได้ตรวจพบวัตถุมีพิษชนิดต่าง ๆ จากผักเหล่านั้น 23 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างผักทั้งหมดนี้ ไข่มักกาดหอม 20 ตัวอย่าง ตรวจพบวัตถุมีพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 5 ตัวอย่าง ผักคะน้า 20 ตัวอย่าง ตรวจพบวัตถุมีพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 12 ตัวอย่าง และผักบุ้งจีน 20 ตัวอย่าง ตรวจพบวัตถุมีพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 6 ตัวอย่าง

ตาราง 5 ผลของการตรวจปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่าง จากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานครในรอบที่สอง ระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2518 ถึงวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2518

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ, ppm						
			ไดอาซินอน	อีไรดอน	มาลาไรดอน	เมพซีดี พาราไรดอน	พาราไรดอน	ฟอสคริน	ไซไรดอน
61	ผักกาดหอม	ตลาดเก่า	-	-	-	-	-	-	-
62	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
63	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
64	ผักกาดหอม	ตลาดคลองเตย	-	-	-	-	-	-	-
65	ผักคะน้า		0.68	-	-	-	0.09	-	-
66	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
67	ผักกาดหอม	ตลาดจันทรี- สีมอสร	-	-	-	-	-	-	-
68	ผักคะน้า		0.23	-	-	-	0.14	-	-
69	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
70	ผักกาดหอม	ตลาดควาคนอง	0.05	-	-	3.86	-	-	-
71	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	0.26	-
72	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	0.61	-

ตาราง 5 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ, ppm							
		พาราไซดอน	พอสคริน	ไตรไซดอน					
73	ผักกาดหอม	ตลาดทวีทรัพย์	-	-	-	-	-	-	-
74	ผักคะน้า		0.25	-	-	-	-	-	-
75	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
76	ผักกาดหอม	ตลาดท่าเตียน	-	-	-	-	-	-	-
77	ผักคะน้า		0.16	-	-	-	-	-	-
78	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
79	ผักกาดหอม	ตลาดเทวราช	-	-	-	-	-	-	-
80	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	2.65	-
81	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
82	ผักกาดหอม	ตลาดบางซื่อ	-	-	-	-	-	0.25	-
83	ผักคะน้า		0.05	-	-	-	-	-	-
84	ผักบุ้งจีน		-	-	0.12	-	-	-	-
85	ผักกาดหอม	ตลาดบางรัก	-	-	-	-	-	-	-
86	ผักคะน้า		0.72	-	-	-	-	0.67	-
87	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
88	ผักกาดหอม	ตลาดประตูน้ำ	-	-	-	-	-	-	-
89	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
90	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	1.53	-

ตาราง 5 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุที่มีพิษที่ตรวจพบ, ppm						
			ไดออกซิน	ซีไอ	มาดาไซออน	เมทริล พาราไซออน	ฮาราไซออน	เฟอสฟีน	ไตรไซออน
91	ผักกาดหอม	ปากคลองตลาด	-	-	-	-	-	0.18	-
92	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
93	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
94	ผักกาดหอม	ตลาดพญาไท	-	-	-	-	-	-	-
95	ผักคะน้า		0.71	-	-	-	-	-	-
96	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
97	ผักกาดหอม	ตลาดพรานนก	-	-	-	-	-	-	-
98	ผักคะน้า		0.32	-	0.12	-	-	-	-
99	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
100	ผักกาดหอม	ตลาดรุ่งอรุณ	-	-	-	-	-	-	-
101	ผักคะน้า		0.07	-	-	0.11	-	-	-
102	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
103	ผักกาดหอม	ตลาดวงเวียน- ใหญ่	-	-	-	-	-	-	-
104	ผักคะน้า		0.09	-	-	0.08	-	-	-
105	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
106	ผักกาดหอม	ตลาดศรีสุราษฎร์	-	-	-	-	-	-	-
107	ผักคะน้า		0.23	-	-	-	-	-	-
108	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 5 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	แหล่งเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณวัตถุพิษที่ตรวจพบ , ppm						
			ไดออกซินอน	อีไซออน	มาลาไซออน	เมทิลดี พาราไซออน	พาราไซออน	พอสตรีน	ไตรไซออน
109	ผักกาดหอม	ตลาดสะพานใหม่	-	-	-	-	-	1.15	-
110	ผักคะน้า		-	-	-	-	0.08	-	-
111	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
112	ผักกาดหอม	ตลาดสีวิพงษ์	-	-	-	-	-	0.14	-
113	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
114	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-
115	ผักกาดหอม	ตลาดหัวลำโพง	-	-	-	-	-	-	-
116	ผักคะน้า		-	-	-	-	-	-	-
117	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	2.40	-
118	ผักกาดหอม	ตลาดอมรพันธ์	-	-	-	-	-	-	-
119	ผักคะน้า		-	-	-	0.21	-	-	-
120.	ผักบุ้งจีน		-	-	-	-	-	-	-

จากการตรวจหาปริมาณวัตถุพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างใน ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในเขต กรุงเทพมหานคร ในรอบที่ 2 ใช้ตัวอย่างผักทั้งหมด 60 ตัวอย่าง ได้ตรวจพบวัตถุพิษ ชนิดต่าง ๆ จากผักเหล่านั้น 24 ตัวอย่าง ในจำนวนตัวอย่างผักทั้งหมดนี้ ใช้ผักกาดหอม 20 ตัวอย่าง ตรวจพบวัตถุพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 5 ตัวอย่าง ผักคะน้า 20 ตัวอย่าง

ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 15 ตัวอย่าง และผักบุงจีน 20 ตัวอย่าง
ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 4 ตัวอย่าง

จากผลการตรวจหาปริมาณวัฏภูมิพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้าง
ในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุงจีน ซึ่งได้จากตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่ง ในเขต
กรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 รอบ ใช้ตัวอย่างผักรวมทั้งหมด
120 ตัวอย่าง ได้ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ จากผักเหล่านั้น 47 ตัวอย่าง คิดเป็น
ร้อยละ 39.17 ของตัวอย่างผักทั้งหมด

ในการทดลองนี้ ใช้ผักคะน้า 40 ตัวอย่าง ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ ในผัก
เหล่านี้ 27 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 22.5 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือเป็นร้อยละ
67.5 ของตัวอย่างผักคะน้าทั้งหมด

ผักกาดหอม 40 ตัวอย่าง ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 10
ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือเป็นร้อยละ 25 ของ
ตัวอย่างผักกาดหอมทั้งหมด

ผักบุงจีน 40 ตัวอย่าง ตรวจพบวัฏภูมิพิษชนิดต่าง ๆ ในผักเหล่านี้ 10 ตัวอย่าง
คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือเป็นร้อยละ 25 ของตัวอย่างผักบุงจีน
ทั้งหมด

ผลของการตรวจหาปริมาณวัฏภูมิพิษในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุงจีน
พบว่าในบางตัวอย่างไม่มีวัฏภูมิพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ที่ทำการศึกษาทั้ง 7 ชนิด
ตกค้างอยู่เลย แต่บางตัวอย่างมีวัฏภูมิพิษชนิดเดียวหรือหลายชนิดตกค้างอยู่

2. จำนวนตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุงจีนที่ตรวจพบวัฏภูมิพิษ
พวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ชนิดต่าง ๆ ปรากฏในตาราง 6

ตาราง 6 จำนวนตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีนที่ตรวจพบ
 วัฏภูมิพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบวัฏภูมิพิษ						
		ไดอาซินอน	อีไรซอน	มาลาไรซอน	เมทิลิดพาราไรซอน	พาราไรซอน	ฟอสตริน	ไตรไรซอน
ผักกาดหอม	40	3	-	1	1	1	6	1
ผักคะน้า	40	12	2	2	8	4	10	-
ผักบุ้งจีน	40	1	5	1	-	1	5	-
รวม	120	16	7	4	9	6	21	1

จากการตรวจหาวัฏภูมิพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิดที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ได้ตรวจพบฟอสตรินตกค้างในจำนวนตัวอย่างที่เก็บมามากที่สุด คือ 21 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ไดอาซินอน เมทิลิดพาราไรซอน อีไรซอน พาราไรซอน มาลาไรซอน และไตรไรซอน พบในจำนวน 16, 9, 7, 6, 4 และ 1 ตัวอย่างตามลำดับ

สำหรับผักกาดหอม ตรวจพบฟอสตรินจากจำนวนตัวอย่างที่เก็บมามากที่สุด คือ 6 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ไดอาซินอน มาลาไรซอน เมทิลิดพาราไรซอน พาราไรซอน และไตรไรซอน ซึ่งพบในจำนวน 3, 1, 1, 1 และ 1 ตัวอย่างตามลำดับ

ผักคะน้า ตรวจพบโคคาอินอนจากจำนวนตัวอย่างที่เก็บมามากที่สุด คือ 12 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ฟอสคริน, เม็ทธิลพาราไอซอน, พาราไอซอน และอีไอซอน, มาลาไอซอน ซึ่งพบในจำนวน 10, 8, 4, 2 และ 2 ตัวอย่างตามลำดับ

ผักบุ้งจีน ตรวจพบฟอสครินและอีไอซอนจากจำนวนตัวอย่างที่เก็บมามากที่สุด คือ ชนิดละ 5 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่โคคาอินอน, มาลาไอซอนและพาราไอซอน ชนิดละ 1 ตัวอย่าง

3. ปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างในตัวอย่าง ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ซึ่งแสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน

				ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ	Residue tolerance*
				ppm	
ผักกาดหอม	40	โคคาอินอน	3	0.03 - 0.05	0.75
		อีไอซอน	-	-	1
		มาลาไอซอน	1	0.06	8
		เม็ทธิลพาราไอซอน	1	3.88	1
		พาราไอซอน	1	0.06	1
		ฟอสคริน	6	0.14 - 2.69	1
		ไตรไอซอน	1	0.47	0.8
ผักคะน้า	40	โคคาอินอน	12	0.05 - 0.72	0.75
		อีไอซอน	2	0.01 - 0.16	1
		มาลาไอซอน	2	0.12 - 0.17	8
		เม็ทธิลพาราไอซอน	8	0.01 - 0.25	1

ตาราง 7 (ต่อ)

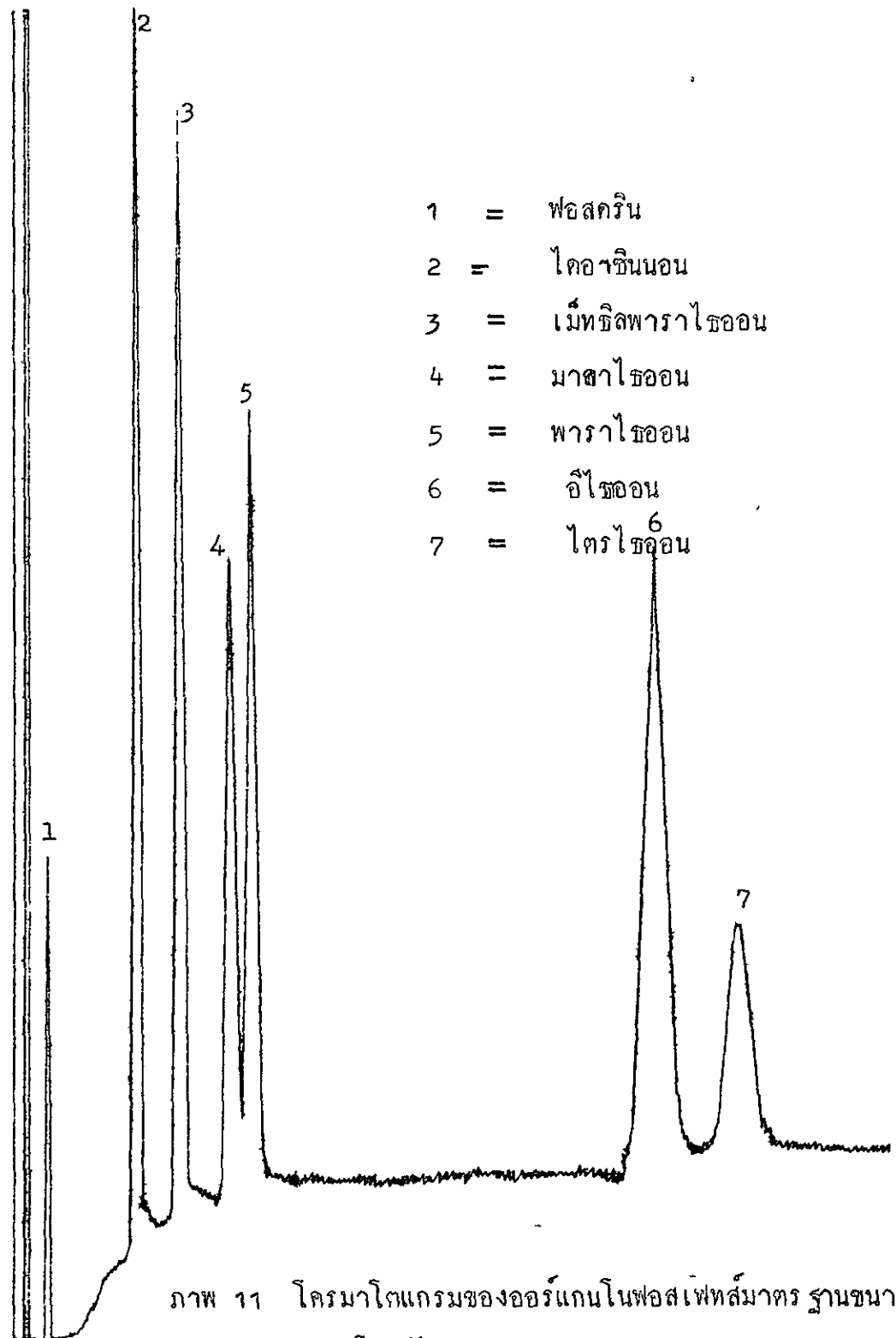
ชนิดของ ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดของ วัตถุมีพิษ	จำนวน ตัวอย่างที่พบ วัตถุมีพิษ	ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบ ppm	Residue tolerance*
ผักบุ้งจีน	40	พาราไธออน	4	0.04 - 0.14	1
		ฟอสคริน	10	0.08 - 4.03	1
		ไตรไธออน	-	-	0.8
		ไดอาซินอน	1	0.04	0.75
		อีไธออน	5	0.02 - 0.19	1
		มาลาไธออน	1	0.12	8
		เมทริลพาราไธออน	-	-	1
		พาราไธออน	1	0.06	1
		ฟอสคริน	5	0.61 - 2.40	1
		ไตรไธออน	-	-	0.8

* Residue tolerance (22) เป็นปริมาณสูงสุดของวัตถุมีพิษที่อนุญาตให้ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ทางเกษตรกรรมได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ค่าเหล่านี้กำหนดขึ้นโดย United States Department of Agriculture (U.S.D.A.) ค.ศ. 1967

จากตาราง 7 ซึ่งแสดงปริมาณวัตถุมีพิษพวงออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน จะเห็นว่าปริมาณวัตถุมีพิษเหล่านี้ตกค้างในผักทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า residue tolerance ก็พบว่า ปริมาณไดอาซินอน อีไธออน มาลาไธออน พาราไธออน และไตรไธออน ที่ตกค้างในผักทั้ง 3 ชนิด ต่ำกว่าค่า residue tolerance แต่ฟอสครินที่ตกค้างในผักกาดหอม 3 ตัวอย่าง (1.15 - 2.69 ppm) ในผักคะน้า 6 ตัวอย่าง

(1.65 - 4.03 ppm) และในผักบึงจีน ๕ ตัวอย่าง (1.14 - 2.40 ppm) กับ
 เม็ทธิลพาราไอซอนที่ตกค้างในผักกาดหอม 1 ตัวอย่าง (3.86ppm) มีปริมาณสูงกว่าค่า
 residue tolerance ของ U.S.D.A.

โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตส์มาตรฐานและออร์แกนโนฟอสเฟตส์ที่
 ตกค้างในผักจาก gas - liquid chromatography ดังแสดงในภาพ 11 - 14

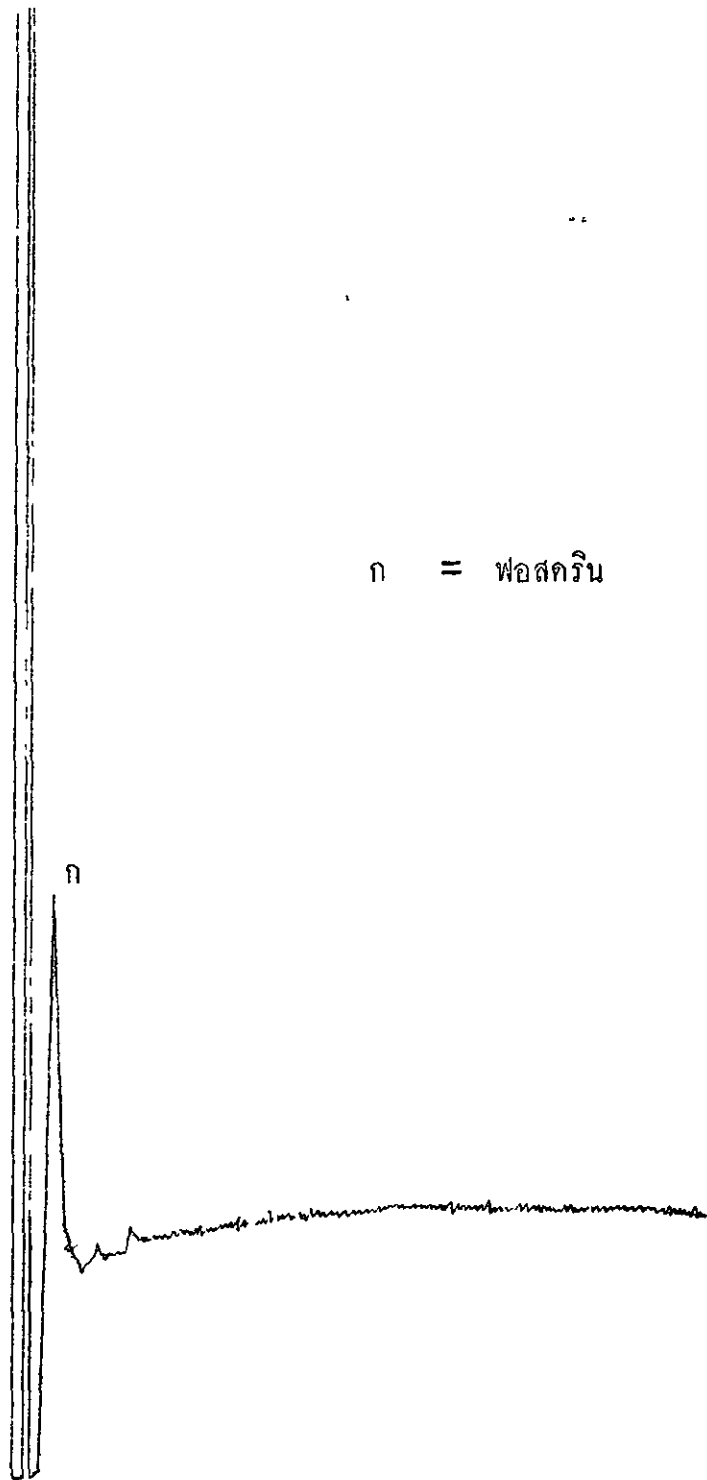


- 1 = พอลสกรีน
- 2 = ไคอาซินนอน
- 3 = เมทิลพาราไซออน
- 4 = มาตาไซออน
- 5 = พาราไซออน
- 6 = อีไซออน
- 7 = ไทรไซออน

ภาพ 11 โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตส์มาตรฐานขนาด

5 ไมโครกรัม จาก Tracor 222 gas chromatograph

detector : FPD; column : 3% OV-1 on
 100-120 mesh Chromosorb W, HP
 temperature : injector 225°C; oven 190°C,
 detector 180°C
 gas flow ; N₂ 80 ml/min; O₂ 18 ml/min;
 H₂ 150 ml/min; Air 40 ml/min



ภาพ 12 โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักกาดหอม 10 มก. จาก

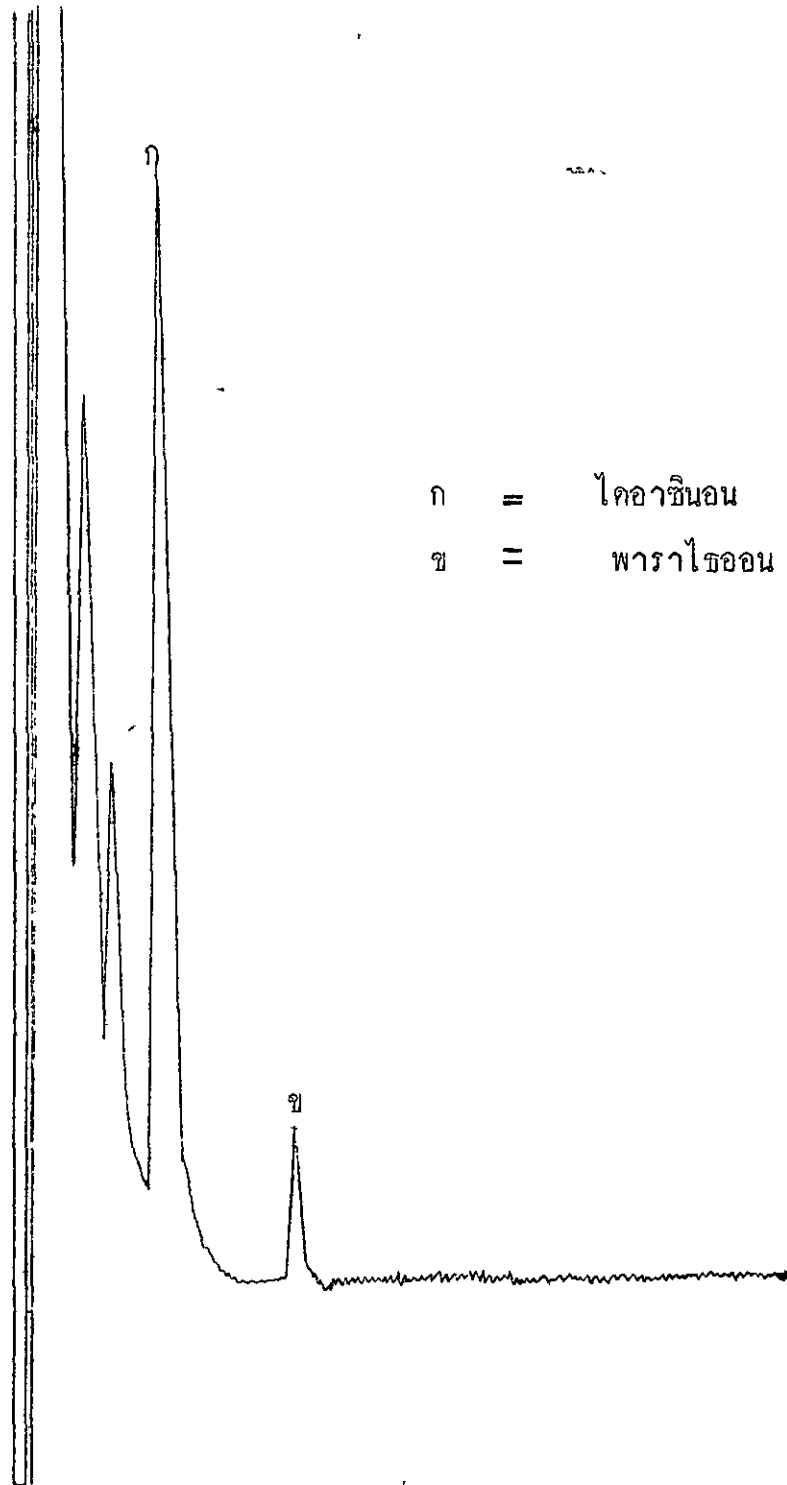
Tracor 222 gas chromatograph

แหล่งเก็บตัวอย่าง

: ตลาดหัวทิพย์

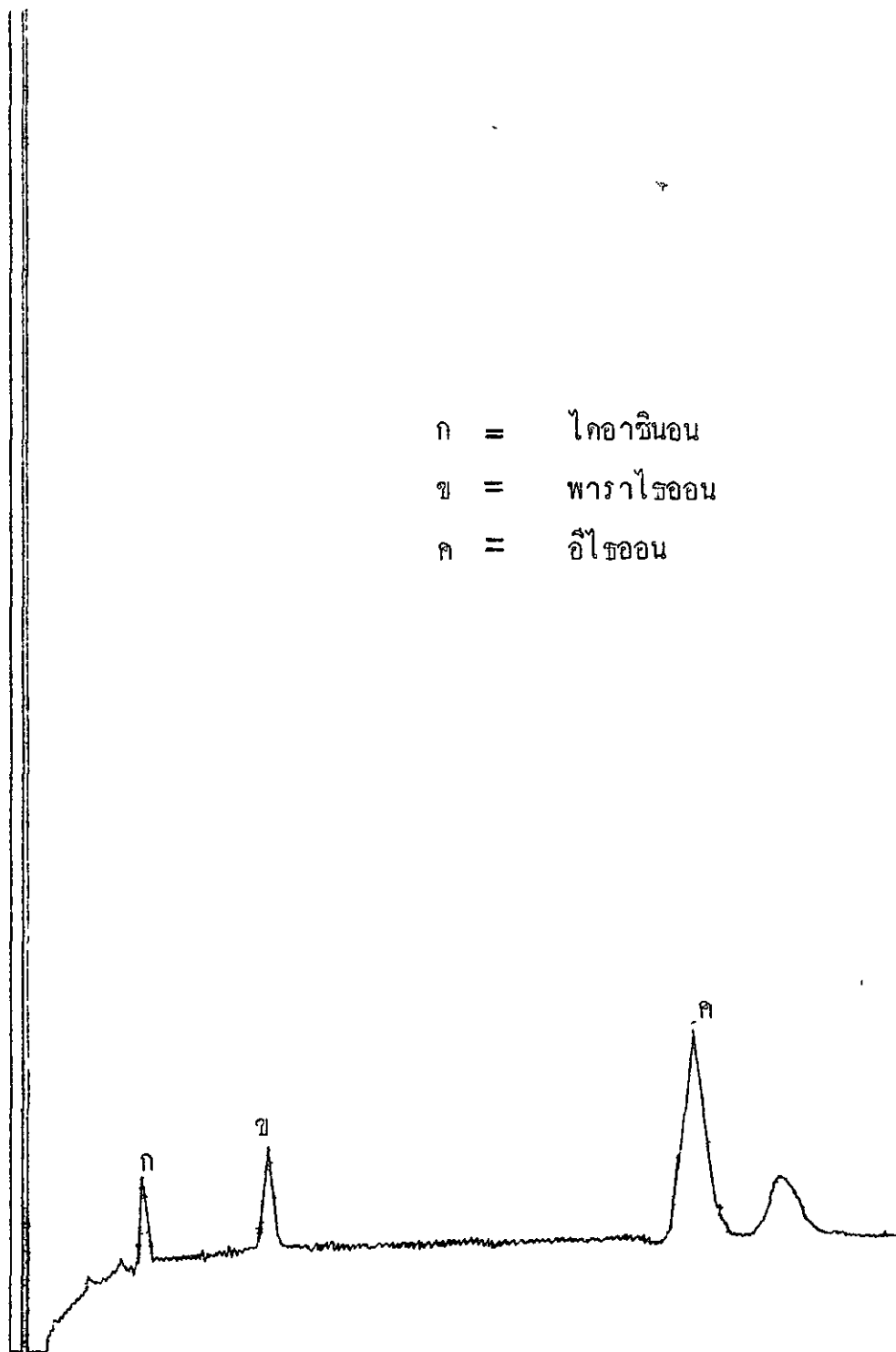
glc conditions

: ตามภาพ 11



ภาพ 13 โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักคะน้า 6 มก. จาก Tracor 222 gas chromatograph

แหล่งเก็บตัวอย่าง : ตลาดคลองเตย
 glc conditions : ตามภาพ 11



ภาพ 14 โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในผักบุ้งจีน

10 มก. จาก Tracor 222 gas chromatograph

แหล่งเก็บตัวอย่าง : ตลาดบางซื่อ

glc conditions : ตามภาพ 11

4. ผลของการตรวจชนิดของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักด้วย thin - layer chromatography เพื่อยืนยันผลของการตรวจจากแก๊สโครมาโตกราฟี จากการทดลองพบว่า sensitivity ของ thin - layer chromatography ค่ากว่า sensitivity ของแก๊สโครมาโตกราฟีมาก เนื่องจาก thin - layer chromatography สามารถตรวจออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้างที่มีปริมาณสูงพอเท่านั้น แต่ปริมาณพิษตกค้างบางชนิดที่มีน้อยกว่าขีดความสามารถนั้นก็ไม่สามารถตรวจได้ ปริมาณน้อยที่สุดของออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้างในผักภาคหอม ผักคะน้า และ ผักบุ้งจีน ที่สามารถตรวจได้ด้วย thin - layer chromatography ดังตาราง 8

ตาราง 8 ปริมาณน้อยที่สุดของออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิดที่ตกค้างใน ผักภาคหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ที่สามารถตรวจได้ด้วย thin - layer chromatography

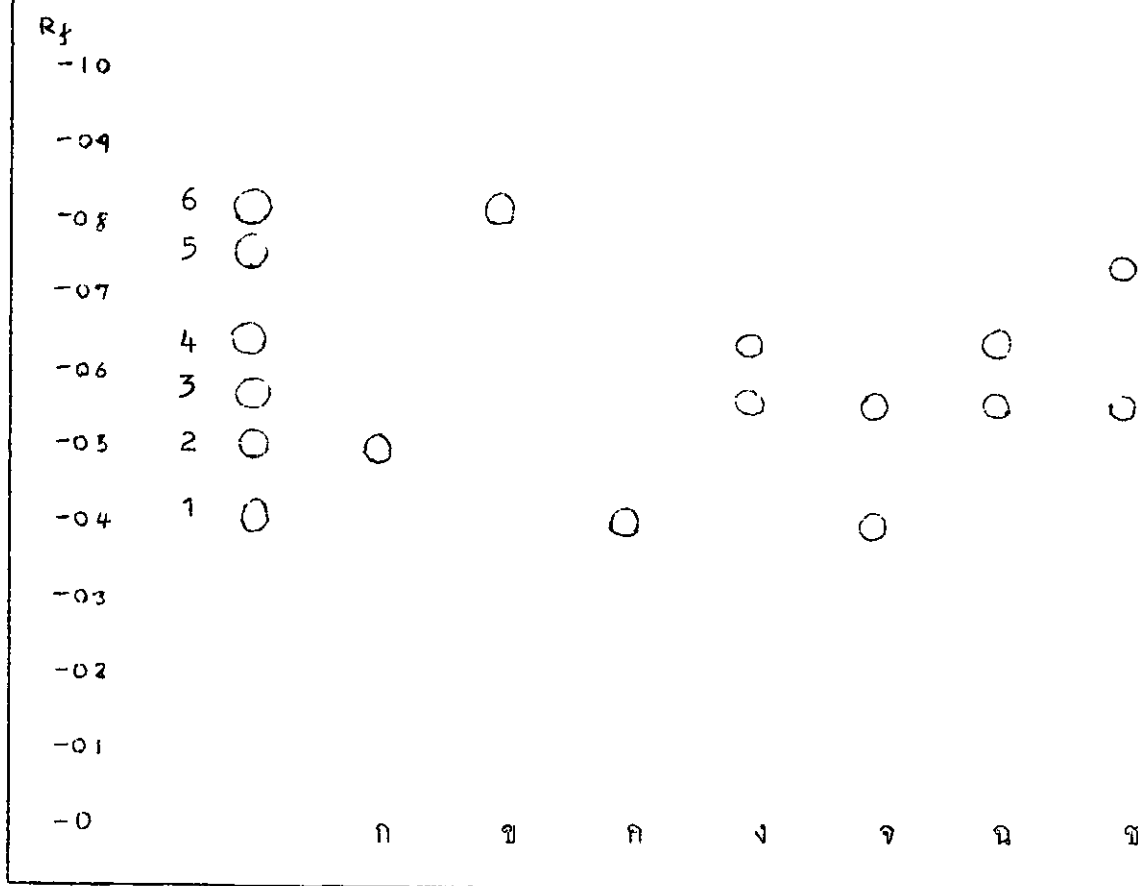
ชนิดของออร์แกนโนฟอสเฟต	ปริมาณน้อยที่สุดที่ตรวจได้ (ppm)
ไดอาซินอน	0.16
อีไธออน	0.09
มาลาไธออน	0.06
เม็ทซิลพาราไธออน	0.11
พาราไธออน	0.09
ฟอสคริน	0.61
ไตรไธออน	0.47

จากตาราง 8 จะเห็นว่า thin - layer chromatography จะสามารถตรวจ malathion ที่มีค่าความเข้มข้น 0.06 ppm ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดในบรรดา

ยาฆ่าแมลงที่ใช้ทดสอบ รองลงมาได้แก่อีไธออน, พาราไธออน, เมทิลดีพาราไธออน ไคอาซินอน, และฟอสตริน สำหรับไตรไธออนนั้นไม่สามารถทดสอบในระดับต่ำกว่า 0.47 ppm เนื่องจากตรวจพบไตรไธออนตกค้างในผักเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้น และไม่สามารถแบ่งแยกไปตรวจในระดับที่ต่ำลงไปได้

โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักจาก thin - layer chromatography ดังแสดงในภาพ 15 - 16

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. มาลาไซออน | ก. = ผักกาดหอมตลอดความคอง |
| 2. เม็ทธิลพาราไซออน | ข. = ผักกาดหอมตลอดประทุน้ำ |
| 3. ไคอาซีนอน | ค. = ผักบุ้งจีนตลอดบางซื่อ |
| 4. พาราไซออน | ง. = ผักคะน้าตลอดคลองเตย |
| 5. อีไซออน | จ. = ผักคะน้าตลอดพรณนถ |
| 6. ไทรไซออน | ฉ. = ผักคะน้าตลอดจันทร์สีโมสร |
| | ช. = ผักคะน้าตลอดเทวราช |



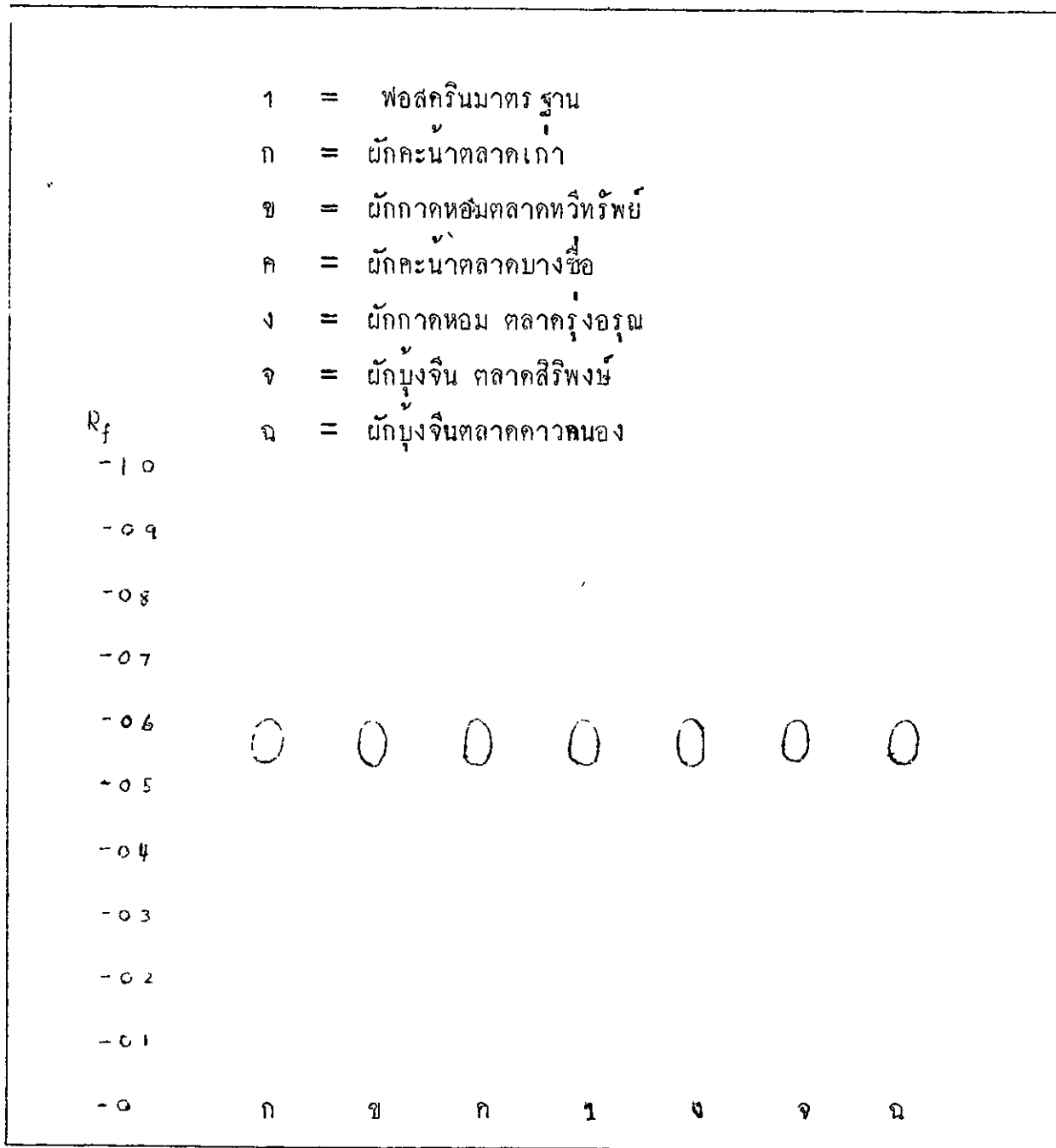
ภาพ 15 โครมาโตแกรมของออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในผักจาก thin - layer chromatography

สารดูดซับ : silica gel G ที่เคลือบหนา 0.30 มม.

developing solvent : petroleum ether + methanol (95 + 5)

solvent front : 10 ซม.

dye solution : silver nitrate



ภาพ 16 โกรมาโตแกรมของฟอสครินที่สกัดจากผักในผักจาก thin-layer chromatography

สารดูดซับ : silica gel G ที่เคลือบหนา 0.30 มม.

developing solvent : 20% methanol in benzene

solvent front : 10 ซม.

dye solution : fluorescein

สรุปและวิจารณ์ผลของการทดลอง

1. จากการศึกษาวัฏภูมิพืชพวกออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน ได้ตรวจพบวัฏภูมิพืชเหล่านี้ตกค้างอยู่ในผัก 47 ตัวอย่าง จากตัวอย่างผักทั้งหมด 120 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 39.17
2. ผักคะน้ามีวัฏภูมิพืชชนิดต่าง ๆ ตกค้างอยู่ในจำนวนผัก 27 ตัวอย่าง จากตัวอย่างผักคะน้าทั้งหมด 40 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 22.5 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือร้อยละ 67.5 ของตัวอย่างผักคะน้าทั้งหมด
3. ผักกาดหอมมีวัฏภูมิพืชชนิดต่าง ๆ ตกค้างอยู่ในจำนวนผัก 10 ตัวอย่าง จากตัวอย่างผักกาดหอมทั้งหมด 40 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือร้อยละ 25 ของตัวอย่างผักกาดหอมทั้งหมด
4. ผักบุ้งจีนมีวัฏภูมิพืชชนิดต่าง ๆ ตกค้างอยู่ในจำนวนผัก 10 ตัวอย่าง จากตัวอย่างผักบุ้งจีนทั้งหมด 40 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือร้อยละ 25 ของตัวอย่างผักบุ้งจีนทั้งหมด
5. ในจำนวนวัฏภูมิพืชทั้ง 7 ชนิดที่ทำการศึกษา ตรวจพบว่า
 - ก. ผักคะน้ามีโคอาซินอนตกค้างอยู่ในผัก 12 ตัวอย่าง จากผักที่เก็บมา 40 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ ฟอสคริน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน และอีไรซอน มาลาไรซอน พบในจำนวน 10, 8, 4, 2 และ 2 ตัวอย่างตามลำดับ ส่วนไตรไรซอนไม่พบตกค้างในผักคะน้า
 - ข. ผักกาดหอมมีฟอสครินตกค้างอยู่ในผัก 6 ตัวอย่าง จากผักที่เก็บมา 40 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่โคอาซินอน และมาลาไรซอน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน ไตรไรซอน ในจำนวน 3, 1, 1, 1 และ 1 ตัวอย่างตามลำดับ ส่วนอีไรซอนไม่พบตกค้างในผักกาดหอม
 - ค. ผักบุ้งจีนมีอีไรซอนและฟอสครินตกค้างอยู่ในผักชนิดละ 5 ตัวอย่าง จากผักที่เก็บมา 40 ตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ โคอาซินอน มาลาไรซอน พาราไรซอน

ซึ่งเท่า ๆ กัน คือชนิดละ 1 ตัวอย่าง ส่วนเม็ทธิติพาราไฮดรอนและไฮโดรไฮดรอนไม่พบตกค้าง
อยู่ในผักงูจีน

6. เปรียบเทียบปริมาณออร์แกนโนฟอสเฟตทั้ง 7 ชนิดที่ตกค้างในผักกับค่า
residue tolerance พบว่า ฟอสครินที่ตกค้างในผักกาดหอม 3 ตัวอย่าง หรือร้อยละ
7.5 ของผักกาดหอมทั้งหมด ในผักกะน้า 6 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 15 ของผักกะน้าทั้งหมด
และในผักงูจีน 4 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 10 ของผักงูจีนทั้งหมด มีปริมาณสูงกว่าค่า
residue tolerance ของฟอสคริน คือ 1 ppm และตรวจพบเม็ทธิติพาราไฮดรอน
ที่ตกค้างในผักกาดหอม 1 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 2.5 ของผักกาดหอมทั้งหมด มีปริมาณสูง
กว่าค่า residue tolerance ของเม็ทธิติพาราไฮดรอน คือ 1 ppm ส่วนปริมาณ
ออร์แกนโนฟอสเฟตที่ตกค้างในตัวอย่างผักอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่า residue tolerance

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อตรวจหาปริมาณวัตถุที่มีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ 7 ชนิด (ได้แก่ ไคอาซิรอน อีไรซอน มาลาไซซอน เมทิลลพาราไรซอน พาราไรซอน ฟอสคริน และ ไตรไรซอน) ที่ตกค้างในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน
2. เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของวัตถุที่มีพิษดังกล่าวในข้อ 1 ที่ตกค้างใน ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน
3. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดวัตถุที่มีพิษจากผักและการตรวจด้วยโครมาโตกราฟี ตลอดจนศึกษาการใช้เครื่องมืออื่น ๆ

การดำเนินการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน โดยการสุ่มตัวอย่างจาก ตลาดสดต่าง ๆ 20 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร และเก็บตัวอย่างผักทั้ง 3 จากตลาดสด เหล่านั้น โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 4 แห่ง หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ทดลองตัวอย่างผัก จาก 4 ตลาดแรกเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงออกเก็บตัวอย่างผักทั้ง 3 จากตลาดอื่น ๆ ต่อไป อีกครั้งละ 4 แห่ง จนครบทั้ง 20 แห่ง หลังจากนั้นก็วนมาเก็บตัวอย่างผักจากตลาดเดิมอีก หนึ่งรอบ

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 Subsampling โดยนำตัวอย่างผัก 1 กก. มาสับ (chop) ให้ ละเอียดโดยเครื่อง Hobart chopper แล้วสุ่มตัวอย่างมา 2 ส่วน ๆ ละ 25 กรัม

2.2 Extraction เอาผักที่สับแล้ว 25 กรัมจากข้อ 2.1 มาสกัดเอา วัตถุที่มีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟตส์ โดยปั่นผักกับ ethyl acetate 125 ม.ล. และ

anhydrous sodium sulfate 25 กรัม คอยเครื่อง Waring blender
 ปั่นที่ความเร็วต่ำ 5 นาที ความเร็วสูงอีก 5 นาที จากนั้นกรองสารละลายผ่าน silanized
 glass wool และล้างภาควัย ethyl acetate เอาสารละลายทั้งหมดรวมกัน ปรับ
 ปริมาตรของสารละลายให้เป็น 125 ม.ล.

2.3 Concentration ทำการลดปริมาตรสารละลายด้วย Kuderna-
 Danish evaporative concentrator เพื่อทำสารละลายที่สกัดได้ให้เข้มข้นขึ้น โดย
 แบ่งสารละลายจากข้อ 2.2 มา 50 ม.ล. ลดปริมาตรให้เหลือ 5 ม.ล. โดยใช้ไอน้ำเคี่ยวน้ำ
 เป็นตัวช่วยให้ตัวทำละลายระเหยไป

2.4 Cleanup ใช้ Sweep Co-Distiller เพื่อทำสารละลายที่สกัด
 ได้ให้สะอาด ปราศจากสี น้ำมัน ไขมัน และสิ่งสกปรกอื่น ๆ โดยแบ่งสารละลายเข้มข้น
 จากข้อ 2.3 มา 1 ม.ล. นำมาทำให้สะอาดด้วยเครื่อง Sweep Co-Distiller
 ที่มีเตาร้อน 170 - 180°C สารละลายที่ถูกฉีดเข้าไปจะกลายเป็นไอ แล้วถูกแกสไนโตรเจน
 พัดพาไปเข้า Teflon tubing ซึ่งอยู่ในน้ำแข็ง ไอของสารก็จะควบแน่นกลั่นตัวเป็น
 ของเหลว (distillate)ใสสะอาด ส่วนพวกสิ่งสกปรกจะถูกโยกไว้ใน sample tube
 กรองไว้ เก็บ distillate ไว้ในขวด ปริมาณให้เท่ากับ 1 ม.ล. เพื่อนำไปตรวจ
 หาวัตถุที่มีพิษต่อไป

2.5 ตรวจหาปริมาณวัตถุที่มีพิษพวก ออร์แกนโนฟอสเฟตส์ (ได้แก่ ไดอาซิรอน
 อีโรรอน มาลาโรรอน เมทิลพาราโรรอน พาราโรรอน ฟอสคริน และไตรโรรอน)
 ในสารละลายที่สกัดได้ที่คลีนอัพแล้ว โดยใช้แกสลิควิดโครมาโตกราฟีที่ใช้ flame
 photometric detector ใช้คอลัมน์ 3% OV-1 on 100-120 mesh Chromosorb
 W, HP และแกสไนโตรเจนเป็นแกสตัวพาซึ่งมีอัตราการไหล 80 ม.ล. ต่อ นาที อุณหภูมิของ
 injection port, oven และ detector เท่ากับ 225°C 190°C และ 180°C
 ตามลำดับ อัตราการไหลของแกสไนโตรเจน 150 มล. ต่อ นาที ออกซิเจน 15 - 18 มล.
 ต่อ นาที และอากาศ 40 มล. ต่อ นาที

ใช้ microliter syringe ฉีดสารละลายตัวอย่างที่สกัดจากผัก ซึ่งได้จากข้อ 2.4 เข้าที่ injection port โไอของสารผสมในผักที่แยกออกมาจากคอลัมน์ จะถูกวิเคราะห์ตรวจและวัด แล้วส่งสัญญาณออกมาบันทึกไว้ในโครมาโตแกรม ตรวจหาชนิดของวัตถุมีพิษโดยเทียบ retention time กับพีคของวัตถุมีพิษมาตรฐาน แล้วหาปริมาณ วัตถุมีพิษโดยเทียบพื้นที่สามเหลี่ยมของพีคตัวอย่างกับพีคมาตรฐาน

2.6 ตรวจหาชนิดของวัตถุมีพิษตกค้างในผักกวย thin-layer chromatography เพื่อยืนยันชนิดของวัตถุมีพิษที่ตรวจโดยแก๊สลิควิด โครมาโตกราฟี

ผลของการทดลอง

1. ในผักกาดหอม ผักคะน้า และผักบุ้งจีน มีวัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต ที่ทำการศึกษา 7 ชนิด (ไดแก์ ไดอาซินอน อีไรซอน มาลาไรซอน เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน ฟอสคริน และไตรไรซอน) ตกค้างอยู่ร้อยละ 39.17 ของตัวอย่างผักทั้งหมด
2. จำนวนตัวอย่างผักคะน้าที่มีออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิด ตกค้างอยู่มากกว่า จำนวนตัวอย่างผักกาดหอมและผักบุ้งจีน คิดเป็นร้อยละ 22.5 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือ ร้อยละ 67.5 ของตัวอย่างผักคะน้าทั้งหมด
3. จำนวนตัวอย่างผักกาดหอมและผักบุ้งจีนที่มีออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิดตกค้าง อยู่เท่า ๆ กัน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของตัวอย่างผักทั้งหมด หรือร้อยละ 25 ของตัวอย่างผัก แต่ละชนิด
4. จำนวนตัวอย่างผักหลายตัวอย่างที่ไม่มีออร์แกนโนฟอสเฟต 7 ชนิดตกค้างอยู่เลย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.83 ของตัวอย่างผักทั้งหมด ผักบางตัวอย่างมีวัตถุมีพิษเหล่านี้ตกค้างอยู่ เพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิด
5. ไดอาซินอนตกค้าง ในตัวอย่างผักคะน้าแพร่หลายที่สุด รองลงมาได้แก่ ฟอสคริน, เมทริลพาราไรซอน พาราไรซอน และอีไรซอน มาลาไรซอน ตามลำดับ **๕๕** ร้อยละ 15 ของตัวอย่างผักชนิดนี้มีฟอสครินตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่า residue tolerance

6. ฟอสฟอรัสในตัวอย่างผักกาดหอมแพร่หลายที่สุด รองลงมาได้แก่ ไคอาซินอน และมาลาไซออน เม็ทิลพิวราไซออน พาราไซออน ไทรไซออน และ รัยละ 7.5 ของตัวอย่างผักชนิดนี้ กับรัยละ 2.5 ของตัวอย่างผักชนิดนี้ มีฟอสฟอรัสกับ เม็ทิลพิวราไซออน ตามลำดับตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่า residue tolerance

7. อีไซออน และฟอสฟอรัสตกค้างอยู่ในตัวอย่างผักบุงจีนแพร่หลายเท่ากัน รองลงมาได้แก่ ไคอาซินอน มาลาไซออน และพาราไซออนซึ่งพบเท่า ๆ กัน และรัยละ 10 ของตัวอย่างผักชนิดนี้ มีฟอสฟอรัสตกค้างที่มีปริมาณสูงกว่า residue tolerance

อภิปรายผลของการทดลอง

1. ผักที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด มีออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้างอยู่ โอกาสที่ตรวจพบวัตถุมีพิษพวกนี้ในผักจะมากกว่า ผักกาดหอมและผักบุงจีน
2. ผักทั้ง 3 ชนิด บางตัวอย่างมีปริมาณ ออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้างสูงกว่าค่า residue tolerance ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค
3. Gas-liquid chromatography สามารถตรวจวัตถุมีพิษตกค้างที่มีปริมาณ 0.01 ppm ได้ แต่ thin-layer chromatography สามารถตรวจวัตถุมีพิษตกค้างที่มีความเข้มข้นมากกว่า glc

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการวิจัยวัตถุมีพิษทุกประเภทที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างกว้างขวางต่อไป และรายงานผลเป็นช่วง ๆ เพื่อให้ทุกฝ่ายรับทราบ และสามารถช่วยกันป้องกันไม่ให้ปริมาณพิษตกค้างสูงเกินค่าปลอดภัย (residue tolerance)
2. การที่ได้ตรวจพบวัตถุมีพิษตกค้างในผักมีปริมาณสูงกว่าค่า residue tolerance บ่อมเป็นสัญญาณที่จะเตือนให้ทราบว่า ในผลิตภัณฑ์การเกษตรบางชนิดของเราไม่ปลอดภัยนัก ผู้ผลิตควรเพิ่มความรับผิดชอบในด้านนี้ โดยต้องศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัตถุมีพิษต่าง ๆ เลือกใช้ให้ถูกต้องและควรใช้ใบปริมาณน้อยที่สุด หรือควรเว้นระยะ เวลาหลังฉีดหรือพ่นยาฆ่าแมลงตามคำแนะนำก่อนนำออกขายสู่ตลาด

3. ผู้วิจัยเห็นว่า หากบริโกลคัมกาดหอมและผักบุงเงินจะปลอดภัยมากกว่าผักกะเบา เพราะผัก 2 ชนิดนี้มีโอกาสที่จะพบวัตถุพิษตกค้างน้อยกว่าผักกะเบา **นี่เราพบถูกได้ง่ายกว่า** โดยไม่ต้องงัวงูวัตถุพิษช่วยมากนัก

4. การ cleanup สารละลายที่สกัดวัตถุพิษด้วย Sweep Co-Distiller จะกองจัดสภาวะต่าง ๆ ให้เหมาะสม และที่สำคัญที่สุดคือ กว่งใช้ใยแก้วที่ได้มากรรมวิธีลดความไวของพื้นที่ผิวแล้ว เพื่อไม่ให้พื้นที่ผิวปฏิกิริยากับสารที่จะทำให้สะอาด เช่น silanized glass wool

5. การใช้ thin-layer chromatography เป็นขั้นตอนการทดสอบจาก gas-liquid chromatography ต้องเลือก developing solvent และ dye solution ให้เหมาะกับวัตถุพิษแต่ละชนิด นอกจากนี้ อาจยืนยันผลโดยใช้ p-value, infrared spectroscopy หรือวิธีอื่น ๆ ที่เหมาะสม

6. เครื่องแกสโครมาโตกราฟเป็นเครื่องมือที่สามารถทำงานที่ละเอียดมาก สามารถตรวจหาสารที่มีปริมาณในล้านหรือพันล้านส่วนได้ ทำให้ทราบชนิดและปริมาณสารตกค้างที่ไม่สามารถตรวจพบในอดีต ผู้วิจัยจึงเห็นว่า สบวรอย่างยิ่งที่จะรักษาเครื่องแกสโครมาโตกราฟ ให้ดีที่สุดเพื่อจะได้ประโยชน์ให้มากที่สุดและนานที่สุด ผู้ที่จะใช้เครื่องแกสโครมาโตกราฟ ควรจะศึกษาถึงการใช้อย่างถูกต้อง เลือกกอลัมน์และกิตเทคเตอร์ที่เหมาะสมกับงาน รู้จักวิธีทำสารให้สะอาดก่อนให้เครื่องตรวจ เพื่อให้ผลการวิจัยถูกต้องเที่ยงแท้ และช่วยยืดอายุการใช้งานของกอลัมน์และกิตเทคเตอร์อีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- (1) ประยูร คีมา วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการเกษตร และการสาธารณสุข เอกสารทางวิชาการที่ 14 กองส่งเสริมการเกษตร ชุมชนสหกรณ์การเกษตร ขามและกระซังแห่งประเทศไทย 2517, 513 หน้า.
- (2) Fest, Christa and Karl-Julius Schmidt, The Chemistry of Organophosphorus Pesticides, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1973, 339 pp.
- (3) Hartley, G.S. and T.F. West, Chemicals for Pest Control, Pergamon Press, 1969, 316 pp.
- (4) Coffin, D.E. and G. Savary, "Procedure for extraction and cleanup of plant material prior to determination of Organophosphate residues", Journal of the A.O.A.C., 47(5).875-881, 1964.
- (5) McCaulley, Donald F., "An Approach to the Separation, Identification, and Determination of at least ten Organophosphate pesticide residues in Raw Agricultural Products", Journal of the A.O.A.C., 48(3):659-665, 1965.
- (6) Nelson, Richard C., "Screening Procedure for Organophosphate Pesticide Residues on Fruits and Vegetables by Microcoulometric Gas Chromatography", Journal of the A.O.A.C., 49(4) 763-766, 1966.
- (7) Wessel, John R., "Collaborative Study of a Method for Multiple Organophosphorus Pesticide Residues in Nonfatty Foods", Journal of the A.O.A.C., 50(2):430-439, 1967.

- (8) Storherr, R.W., P. Ott, and R.R. Watts, "A General Method for Organophosphorus Pesticide Residues in Nonfatty Foods", Journal of the A.C.A.C., 54(3) 513-516, 1971.
- (9) Storherr, R.W. and R.R. Watts, Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators, Vol. VI; 1972, p. 191-233.
- (10) Levi, Iser and Thomas W. Nowicki, "Rapid Screening Method for Simultaneous Determination of Organochlorine and Organophosphate Pesticide Residues in Wheat by Gas-Liquid Chromatography", Journal of the A.C.A.C., 57(4) 924-929, 1974.
- (11) Laski, Ronald R., "Collaborative Study of a Method for Organophosphorus Pesticide Residues in Apples and Green Beans", Journal of the A.C.A.C., 57(4):930-933, 1974.
- (12) สิริจันทร์ วิโมกษ์สันต์ และคณะ ชีวเคมี บำรุงบุณกุลกิจ 2516, หน้า 91 - 97.
- (13) McNair, H.M. and E.J. Bonelli, Basic Gas Chromatography, Varian Aerograph, 1969, 306 pp.
- (14) กฤษณา ชุติมา หลักเคมีทั่วไป อักษรสารการพิมพ์, 2515, หน้า 29 - 30.
- (15) Flame Photometric Detector, Operation and Service Manual, Serial No. 12003, Tracor, Inc., Texas, 1972, p.1-1 - 6-4.

- (16) "Multiple Residue Method for Phosphated Pesticides",
Official Methods of Analysis of the Association of
Official Analytical Chemists, 11th edition, 1975,
p. 529-533.
- (17) Operation Manual for K-5C050 Sweep Co-Distiller,
Kontes Glass Co., New Jersey, 1966, 10 pp.
- (18) Technical Manual 222 Gas Chromatographs, Tracor, Inc.,
1973.
- (19) "General Method for Chlorinated and Phosphated Pesticide",
Official Methods of Analysis of the Association of
Official Analytical Chemists, 12th edition, 1975,
p. 519-523.
- (20) Getz, Melvin E. and Helen G. Wheeler, "TLC of Organo-
phosphorus insecticides with Several Adsorbents and
Ternary Solvent Systems", Journal of the A.O.A.C.,
51(5):1101-1107, 1968.
- (21) Stahl, Egon, Thin-Layer Chromatography, Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York, 1969, 639 pp.
- (22) Summary of Registered Agricultural Pesticide Chemical Uses,
2nd edition, Supplement III, Pesticides Regulation
Division Agricultural Research Service,
United States Department of Agriculture, 1967,
836 pp.