

การวิเคราะห์หาปริมาณขององค์ประกอบบางชนิดและวัตถุมีพิษ  
ที่ตกค้างในน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ต่างชนิดกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

สมเกียรติ พิกุลแก้ว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2531

178691

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและกรรมการสอบ ใต้พิจารณาปริญญานิพนธ์  
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธาน  
.....กรรมการ  
.....กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน  
.....กรรมการ  
.....กรรมการ

## ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้โดยได้รับคำแนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก  
รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวลี จันทรกระจ่าง และ  
ดร.สุนันท์ ชุนชาติประเสริฐ กรรมการ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.วิสูตร ศักดิ์สูง และคุณพิทยาพันธ์ พัฒนาผลใหญ่ลย์ ศูนย์วิจัยและ  
ควบคุมคุณภาพ บริษัทเจียไต๋ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สายสนม ธรรมพิทักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาภรณ์ วีรสาร  
และอาจารย์ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร  
ที่กรุณาช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ คุณปวีณา วรรักษ์เสรี คุณสุชาติ ว่องไว คุณนิยม ชลิตนาวัน และ  
ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจอย่างดีเสมอมา

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคณะครูอาจารย์โรงเรียนสตรี  
สมุทรปราการ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง ตลอดจนน้อง ๆ ทุกคน

สมเกียรติ พิกุลแก้ว

## สารบัญ

บทที่

หน้า

|   |                                                                    |    |
|---|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | บทนำ .....                                                         | 1  |
|   | ภูมิหลัง .....                                                     | 1  |
|   | ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า .....                               | 3  |
|   | ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า .....                                  | 4  |
|   | ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า .....                                     | 4  |
|   | นิยามศัพท์เฉพาะ .....                                              | 5  |
| 2 | เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย .....                               | 7  |
|   | สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้ง .....                         | 7  |
|   | การศึกษาวัตถุมิพิษในอาหาร .....                                    | 8  |
| 3 | วิธีดำเนินการทดลอง .....                                           | 10 |
|   | การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง .....                                    | 10 |
|   | การหาปริมาณน้ำตาลซูโครส .....                                      | 12 |
|   | การหาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัพรัล .....                            | 13 |
|   | การหาความเป็นกรด-เบสของสารละลายน้ำผึ้ง .....                       | 14 |
|   | การหาความชื้นของน้ำผึ้ง .....                                      | 14 |
|   | การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมิพิษ .....                     | 15 |
| 4 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                         | 18 |
|   | ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งที่ได้จาส่วน            |    |
|   | พรรณไม้ต่างชนิดกัน .....                                           | 18 |
|   | ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมิพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้ง ..... | 20 |

|   |                                                 |    |
|---|-------------------------------------------------|----|
| 5 | สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....              | 44 |
|   | ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า .....            | 44 |
|   | ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า .....                  | 44 |
|   | วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล ..... | 44 |
|   | สรุปผลการศึกษาค้นคว้า .....                     | 45 |
|   | อภิปรายผล .....                                 | 46 |
|   | ข้อเสนอแนะ .....                                | 47 |
|   | บรรณานุกรม .....                                | 49 |
|   | ภาคผนวก .....                                   | 51 |

## บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

|   |                                                                                                               |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | แสดงชนิด จำนวน และปริมาณของน้ำผึ้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ .....                                                  | 5  |
| 2 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหที่ 20 องศาเซลเซียส กับ<br>ความชื้นของน้ำผึ้ง .....                       | 14 |
| 3 | แสดงองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ต่าง ๆ .....                                                | 18 |
| 4 | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและเวลาริเทนชันของวัตถุมีพิษมาตรฐาน .....                                            | 20 |
| 5 | แสดงข้อมูลในการหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอรีของวัตถุมีพิษทั้ง 7 ชนิด<br>ที่เติมลงในน้ำผึ้งที่ได้จากดอกสบเสื่อ ..... | 22 |
| 6 | แสดงพื้นที่พิคของวัตถุมีพิษมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ .....                                                  | 26 |
| 7 | แสดงผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้ง .....                                        | 35 |
| 8 | แสดงการเปรียบเทียบปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบในน้ำผึ้งกับค่า<br>residue tolerance .....                         | 42 |

|    |                                                                                                                                                                                 |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษมาตรฐาน<br>ปริมาณตั้งแต่ 0.0455 – 0.4489 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร .....                                                    | 21 |
| 2  | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษ<br>ที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสบเสื่อ ส่วนที่ชะด้วยสารละลาย<br>ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 6 .....   | 23 |
| 3  | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษ<br>ที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสบเสื่อ ส่วนที่ชะด้วยสารละลาย<br>ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้น ร้อยละ 15 ..... | 24 |
| 4  | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษ<br>ที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสบเสื่อ ส่วนที่ชะด้วยสารละลาย<br>ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้น ร้อยละ 50 ..... | 25 |
| 5  | แสดงกราฟมาตรฐานของไดอะซินอน .....                                                                                                                                               | 28 |
| 6  | แสดงกราฟมาตรฐานของมาลาไธออน .....                                                                                                                                               | 29 |
| 7  | แสดงกราฟมาตรฐานของเมทิลพาราไทออน .....                                                                                                                                          | 30 |
| 8  | แสดงกราฟมาตรฐานของอะโซคริน .....                                                                                                                                                | 31 |
| 9  | แสดงกราฟมาตรฐานของ p,p – DDT .....                                                                                                                                              | 32 |
| 10 | แสดงกราฟมาตรฐานของ o,p – DDT .....                                                                                                                                              | 33 |
| 11 | แสดงกราฟมาตรฐานของ ไซปทาคลอร์ .....                                                                                                                                             | 34 |
| 12 | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษ<br>ในน้ำผึ้งจากสวนลำไย <sup>4</sup> .....                                                                            | 37 |
| 13 | แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิวิดโครมาโทกราฟีของวัตถุมีพิษ<br>ในน้ำผึ้งจากสวนลำไย <sup>5</sup> .....                                                                            | 38 |

|    |                                                                                              |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 14 | แสดงพืชที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟีของวัตถุดิบพืช<br>ในน้ำผึ้งจากสวนลิ้นจี่ ..... | 39 |
| 15 | แสดงพืชที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟีของวัตถุดิบพืช<br>ในน้ำผึ้งจากสวนทุเรียน ..... | 40 |
| 16 | แสดงพืชที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟีของวัตถุดิบพืช<br>จากสวนส้ม .....              | 41 |

## ภูมิหลัง

น้ำผึ้งและผลิตภัณฑ์จากผึ้งเป็นผลพลอยได้จากธรรมชาติ มนุษย์รู้จักนำน้ำผึ้งมาใช้ประโยชน์กว่าหมื่นปี เพราะเชื่อว่าสามารถรักษาโรคและทำให้ร่างกายแข็งแรง เช่น ชาวอียิปต์โบราณใช้น้ำผึ้งทาแผลสดและใช้อาบศพเพื่อเก็บไว้ให้คนโดยไม่น่าเบื่อ

เมื่อมนุษย์เจริญขึ้นได้พัฒนาวิธีการผลิตน้ำผึ้งที่สะดวกและได้ปริมาณมาก โดยนำน้ำผึ้งป่ามาสะสมไว้โดยเลียนแบบธรรมชาติ แล้วต่อมาได้พัฒนาการจนกลายเป็นการเลี้ยงผึ้งแบบสร้างรังในหีบคังปัจจุบัน (Dadant. 1975 : 45 - 73) จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่าชาวอียิปต์โบราณเป็นชนเผ่าแรกของโลกที่รู้จักวิธีการย้ายรังผึ้งไปไว้ในบรีเวณที่มีดอกไม้อุดมสมบูรณ์ ซึ่งผลิตน้ำผึ้งได้ในปริมาณมาก ประเทศที่เลี้ยงผึ้งเพื่อผลิตน้ำผึ้งเป็นสินค้าออกเช่น ประเทศรัสเซีย จีน และเม็กซิโก เป็นต้น สำหรับประเทศไทยพบว่าใช้น้ำผึ้งผสมกับสมุนไพรเป็นยารักษาโรคและใช้ไขผึ้งทำเทียนมาตั้งแต่สมัยของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 รัชสมัยขอมโบราณ (พ.ศ. 1742 - 1758) และจากหลักฐานทางศิลาจารึกที่วัดศรีชุมกรุงสุโขทัยเป็นราชธานี (พ.ศ. 1890 - 1920) กังนั้นคนไทยคงจะบริโภคน้ำผึ้งมานานหลายร้อยปีแล้วเช่นกัน (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และเพ็ญศรี ตั้งคณะสิงห์ 2529 : 1 - 5)

การเลี้ยงผึ้งเป็นอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้นเริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ. 2520 โดยเลี้ยงผึ้งพันธุ์ยุโรป *Apis mellifera* ที่จังหวัดลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย จันทบุรี และตราด เป็นต้น ในปัจจุบันประเทศไทยมีรังผึ้งที่เลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมประมาณ 40,000 รัง สามารถผลิตน้ำผึ้งได้ 600 - 1000 ตันต่อปี (เสนอ บุรณวงศ์ 2528) เนื่องจากการเลี้ยงผึ้งต้องอาศัยน้ำหวานจากดอกไม้ จึงจำเป็นต้องมีแหล่งหรือบริเวณที่มีดอกไม้เป็นจำนวนมากได้แก่ บริเวณที่เป็นสวนหรือไร่ผลไม้ต่าง ๆ เช่น ลำไย ลิ้นจี่ ส้ม ทุเรียน ยางพารา และเงาะ เป็นต้น ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการเลี้ยงผึ้งก็คือการใช้วัตถุพิษหรือสารฆ่าแมลงกำจัดศัตรูพืช (pesticide) ซึ่งผึ้งมีโอกาสได้รับวัตถุพิษหรือสารฆ่าแมลงกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในสวนผลไม้เหล่านี้ได้โดยการสัมผัส โดยการกิน และโดยการถูกรุม

แอนเดอร์สัน และทัฟต์ (Anderson and Tuft. 1952 : 466 - 469) ได้แบ่งระดับความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือวัตถุมีพิษที่เป็นอันตรายต่อผึ้งพันธุ์ไว้ 3 ระดับคือ

1. สารที่มีพิษสูง มีค่าปริมาณของวัตถุมีพิษที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่ง ( $LD_{50}$ )

น้อยกว่า 2 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัว

2. สารที่มีพิษปานกลาง มีค่า  $LD_{50}$  2 - 10 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัว

3. สารที่มีพิษน้อยหรือสารไม่มีพิษ มีค่า  $LD_{50}$  มากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัว

สิริวัฒน์ วงษศิริ ได้แบ่งวัตถุมีพิษที่เป็นพิษต่อผึ้งไว้หลายประเภทดังนี้ (สิริวัฒน์ วงษศิริ

2527 : 8)

1. วัตถุมีพิษประเภทคลอรีเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) ซึ่งมีพิษต่อผึ้งสูงเช่น ดีลดริน (dieldrin) ออลดริน (aldrin) ดีดีที (DDT) คลอร์เดน (chlordane) และเฮปตาคลอร์ (heptachlor) เป็นต้น จากการทดลองพบว่าค่า  $LD_{50}$  ของดีลดรินเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัวโดยการสัมผัส และ 0.32 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัวโดยการกิน

2. วัตถุมีพิษประเภทออร์แกนโนฟอสเฟต (organophosphate) ซึ่งมีพิษสูง ได้แก่ พาราไทออน (parathion) ไดเมโทเอท (dimethoate) เฟนิโตรไทออน (fenitrothion) มาลาไทออน (malathion) เป็นต้น ตัวอย่างค่า  $LD_{50}$  ของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตโดยวิธีการกินและการสัมผัส เช่น ไดเมโทเอท เท่ากับ 0.15 และ 0.12 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัว เฟนิโตรไทออน เท่ากับ 0.019 และ 0.017 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัวตามลำดับ

3. วัตถุมีพิษประเภทคาร์บาเมต (carbamate) ที่สำคัญคือ คาร์บาริล (carbaryl) ซึ่งมีพิษต่อผึ้งสูงค่า  $LD_{50}$  เท่ากับ 0.230 - 0.259 ไมโครกรัมต่อผึ้งหนึ่งตัว

จากการใช้วัตถุมีพิษและสารฆ่าแมลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูออกไม้นานซึ่งเป็นช่วงที่ผู้เลี้ยงผึ้งจะนำผึ้งไปไว้ในบริเวณดังกล่าวก็อาจทำให้ได้รับพิษจากวัตถุมีพิษหรือสารฆ่าแมลงเหล่านั้นได้ ดังรายงานในปี พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดเชียงใหม่มีผึ้งพันธุ์ได้รับพิษจากสารฆ่าแมลงตายถึง 18 ราย จากผู้เลี้ยงผึ้ง 20 ราย (สิริวัฒน์ วงษศิริ 2527 : 1 - 8) ในกรณีนี้ผึ้งได้รับวัตถุมีพิษที่มีพิษสูงอาจตายก่อนที่จะกลับเข้ารังหรือผึ้งที่เฝ้ารังอาจไม่ยอมให้เข้ารัง ดังนั้นโอกาสที่วัตถุมีพิษเหล่านี้จะสะสม

ในน้ำผึ้งจึงมีน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่ถ้าเป็นสารที่มีพิษไม่รุนแรง ผึ้งอาจนำกลับไปสู่รังและมีโอกาสสะสมในน้ำผึ้งได้ ดังนั้นการตรวจหาปริมาณและชนิดของวัตถุพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้งจะมีประโยชน์มากสำหรับทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต เพราะน้ำผึ้งได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมายถ้าหากมีวัตถุเจือปนก็อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ถึงแม้ว่าในช่วงเวลาที่ผ่านมาจะไม่มีรายงานเรื่องอันตรายที่เกิดจากวัตถุพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้งก็ตาม แต่ในปัจจุบันมีการใช้วัตถุพิษและสารฆ่าแมลงกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังใช้ยากำจัดโรคพืชเข้าไปในรังผึ้ง โอกาสที่จะมีวัตถุพิษตกค้างในน้ำผึ้งจึงมีมากขึ้น การตรวจสอบหาวัตถุพิษในน้ำผึ้งก่อนที่น้ำผึ้งจะถึงมือผู้บริโภคจึงมีความสำคัญมาก นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เลี้ยงผึ้งเกิดความมั่นใจในความสะอาดและคุณภาพของน้ำผึ้งก่อนที่จะจำหน่ายออกสู่ตลาดหรือส่งเป็นสินค้าออก

การตรวจสอบสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้งก็มีความสำคัญในการคัดเลือกคุณภาพของน้ำผึ้งเพื่อให้ได้มาตรฐานทัดเทียมกับน้ำผึ้งจากต่างประเทศก่อนที่จะนำส่งเป็นสินค้าออก

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์วัตถุพิษในสารตัวอย่างจำเป็นต้องมีความไวสูง มีความแม่นยำ และความถูกต้องมาก เทคนิคที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ แก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี (gas - liquid chromatography) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงและค่อนข้างเฉพาะในการวิเคราะห์หาวัตถุพิษปริมาณน้อยในสารตัวอย่าง

#### ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบบางอย่างของน้ำผึ้ง
2. เพื่อตรวจสอบความเป็นกรด-เบสของน้ำผึ้ง
3. เพื่อตรวจหาปริมาณวัตถุพิษชนิดคลอรีเนตเตดไฮโดรคาร์บอนและออร์แกนโนฟอสเฟตบางชนิดที่ตกค้างในน้ำผึ้ง
4. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของวัตถุพิษดังกล่าวในข้อ 3 ที่ตกค้างในน้ำผึ้งชนิดต่าง ๆ

### ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อให้ทราบคุณภาพของน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ต่าง ๆ
2. เพื่อให้ทราบถึงชนิดและปริมาณวัตถุที่มีพิษชนิดคลอรีเนตเตคไฮโดรคาร์บอนและ  
ออร์แกนโนฟอสเฟตในน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ต่าง ๆ
3. ผลของการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคน้ำผึ้งในด้านคุณภาพของน้ำผึ้ง  
และความปลอดภัยจากวัตถุมีพิษ

### ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งได้แก่ น้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar)  
ซูโครส (sucrose) ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูฟูรัล (hydroxymethylfurfural) และความชื้น
2. วัตถุที่มีพิษชนิดคลอรีเนตเตคไฮโดรคาร์บอนที่ศึกษาได้แก่ คีคิที เฮปตาคลอร์ และ  
วัตถุที่มีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตที่ศึกษาได้แก่ มาลาไทออน ไคอะซินอน อะโซคริน และเมทิลพาราไทออน
3. เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของวัตถุที่มีพิษคือ แก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี  
ซึ่งใช้เครื่อง varain model 3700 gas - chromatography คอลัมน์ ชนิด 1.5% OV - 17  
1.95% OV - 210 และเครื่องตรวจจับชนิดเปลวไฮออนไนเซชัน (flame ionization detector,  
FID) สภาพของเครื่องมือมีดังนี้
  - ก. อุณหภูมิของช่องฉีดสาร 210 องศาเซลเซียส
  - ข. อุณหภูมิของคอลัมน์ 205 องศาเซลเซียส
  - ค. อุณหภูมิของเครื่องตรวจจับ 250 องศาเซลเซียส
  - ง. ความดันของแก๊สไนโตรเจน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเท่ากับ 60 40 และ 60  
ปอนด์ต่อตารางนิ้วตามลำดับ
4. ศึกษาเฉพาะน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ประเภทต่าง ๆ รวม 18 ตัวอย่าง ดังแสดงใน  
ตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างและปริมาณของน้ำผึ้งที่ใช้ในการวิเคราะห์

| ส่วนพรรณไม้ | จำนวนตัวอย่าง | ปริมาณ (กรัม) |
|-------------|---------------|---------------|
| 1. ทุเรียน  | 1             | 200           |
| 2. สับเลื้อ | 5             | 5 × 200       |
| 3. ลิ้นจี่  | 2             | 2 × 200       |
| 4. มะม่วง   | 1             | 200           |
| 5. ลำไย     | 3             | 3 × 200       |
| 6. นุ่น     | 2             | 2 × 200       |
| 7. ยางพารา  | 1             | 200           |
| 8. เงาะ     | 1             | 200           |
| 9. ส้ม      | 1             | 200           |
| 10. ฝรั่ง   | 1             | 200           |
| รวม         | 18            | 3600          |

ตัวอย่างน้ำผึ้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากศูนย์วิจัยผึ้งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเก็บในช่วงเดือน  
เมษายน พ.ศ. 2529 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2530

#### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วัตถุพิษ (pesticide) หมายถึงสารออกฤทธิ์หรือวัตถุที่มีสารออกฤทธิ์ผสมอยู่  
รวมทั้งวัตถุพิษชนิดธรรมดาหรือวัตถุพิษชนิดร้ายแรง
2. สารประกอบออร์แกนโนฟอสเฟตคือ วัตถุพิษที่ป้องกันและกำจัดแมลง มีธาตุฟอสฟอรัส  
(phosphorus, P) เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุล

3. สารประกอบคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอนคือ วัตถุมีพิษที่ป้องกันและกำจัดแมลง เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีธาตุคลอรีนอยู่ในโมเลกุล

4. เปอร์เซนต์รีคัพเวอรี (percent recovery) เป็นวิธีการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการทดลอง โดยใส่วัตถุมีพิษหรือสารที่ต้องการศึกษาลงไปในน้ำผึ้ง แล้วดำเนินการทดลองตามวิธีทุกขั้นตอน สุดท้ายตรวจสอบว่าวัตถุมีพิษหรือสารที่ต้องการศึกษาเหลือเป็นร้อยละเท่าใดเมื่อเทียบกับปริมาณที่ใส่ลงไป

## เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้ง (มอก. 470 - 2526)

เนื่องจากปัจจุบันมีผู้เลี้ยงผึ้งเป็นอุตสาหกรรมหลายรายและมีผลผลิตมากพอจำหน่ายในประเทศและอาจเหลือส่งเป็นสินค้าออกได้ในอนาคต สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์จึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม "น้ำผึ้ง" ขึ้นไว้เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมอุตสาหกรรมเลี้ยงผึ้งให้ได้มาตรฐานไว้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไป น้ำผึ้งต้องมีลักษณะเป็นของเหลวข้น เป็นเนื้อเดียวกันปราศจากสิ่งแปลกปลอม มีสีตามธรรมชาติตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาล มีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ปราศจากกลิ่นรสน้ำรังเกียจอื่นใด และกลืนต้องไม่บูดเปรี้ยวหรือมีฟอง

2. คุณลักษณะทางเคมี

ก. น้ำตาลรีดิวซิง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65

ข. ความชื้น ไม่เกินร้อยละ 21

ค. ซูโครส ไม่เกินร้อยละ 5

ง. สารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละ 0.1

จ. เถ้า ไม่เกินร้อยละ 0.6

ฉ. ปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูฟูรัล ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3. วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามเจือสีใด ๆ ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิดและห้ามใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลทุกชนิด

4. ภาชนะบรรจุ ต้องใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิทและมีเครื่องหมายที่ต้องถูกทำลายก่อนจึงจะเปิดภาชนะบรรจุได้ ภาชนะนั้นจะต้องไม่มีสีสามารถมองเห็นน้ำผึ้งที่บรรจุอยู่ภายในได้

## การศึกษาวัตถุพิษในอาหาร

วิลเลียม (Williams. 1977 : 168 - 174) ได้วิเคราะห์หาวัตถุพิษชนิดคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนจากน้ำผึ้งตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้แก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี พบว่ามีวัตถุพิษชนิดคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนตกค้างอยู่ในระดับ 0.01 ถึง 0.3 ppb

ซาบาตินิ และซาวิญนิ (Sabatini and Savigni. 1976 : 167 - 170) ได้วิเคราะห์หาวัตถุพิษชนิดคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนในน้ำผึ้งตัวอย่างซึ่งเก็บมาจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยแก๊สลิควิดโครมาโทกราฟี ปรากฏว่าพบน้ำผึ้ง 16 ตัวอย่างมีปริมาณลินเคนน้อยกว่า 0.022 ppm น้ำผึ้ง 15 ตัวอย่างมีปริมาณออกคริน 0.014 ppm น้ำผึ้ง 1 ตัวอย่างมีปริมาณคิลคริน 0.007 ppm น้ำผึ้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณคิตี 0.008 ppm และน้ำผึ้ง 4 ตัวอย่างมีปริมาณคิตี 0.001 - 0.004 ppm

เวสเซล (Wessell. 1976 : 430 - 436) ศึกษาหาวัตถุพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟต คือ ไคอะซีนอน อีไธออน มาลาไธออน เมทิลพาราไธออน พาราไธออน รอนนิลและไทรไธออน ที่ตกค้างในผักและผลไม้ด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี โดยใช้อะซิโตนไนไตรล์ (acetonitril) เป็นตัวสกัดแล้วแยกวัตถุพิษออกมาโดยใช้โครเลียมอีเทอร์ สารละลายอิมพัชเคียมคลอไรด์และน้ำกลั่น จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปคลีน-อัฟ ผ่านฟลอริซิลคอลัมน์ (florisil column) โดยใช้สารละลายของเอทิลอีเทอร์ในโครเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 6, 15 และ 50 โดยปริมาตรเป็นตัวชะ แล้วตรวจหาปริมาณวัตถุพิษ ผลปรากฏว่าพบวัตถุพิษในผลไม้และผักที่ระดับ 5 ppm

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ (อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ 2516 : 7 - 13) ได้วิเคราะห์วัตถุพิษชนิดคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนในอาหารที่มีไขมันน้อยเช่น ผลไม้ ข้าว โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวสกัด แล้วทำการแยกวัตถุพิษออกจากอะซิโตนด้วยเฮกเซน จากนั้นนำไปคลีน-อัฟด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยฟลอริซิล แล้วชะด้วยสารละลายของอีเทอร์ในเฮกเซนเข้มข้น ร้อยละ 6 และ 15 โดยปริมาตร แล้วนำไประเหยที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส จนปริมาตรลดลงเหลือ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุพิษด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี ผลปรากฏว่าพบออกคริน คิตีอี คิตีค คิตีทีและเฮปตาคลอร์ ในส่วนที่ชะด้วยสารละลายอีเทอร์ในเฮกเซนเข้มข้น

ร้อยละ 6 โดยปริมาตรและพบคลิคริน เอ็นคริน ในส่วนที่ชะด้วยสารละลายอีเทอร์ในเฮกเซน  
เข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตร

คอร์ลัสเซน (Coreliusen. 1980 : 533 - 547) ได้วิเคราะห์หาวัตถุดิบพืชที่  
ตกค้างในอาหารต่าง ๆ โดยใช้อะซิโตนสกัดเป็นต้นสังกัด แล้วแยกวัตถุดิบพืชออกจากอะซิโตนสกัด  
ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ น้ำกลั่นและสารละลายอิมัลชันโซเดียมคลอไรด์ นำสารละลายที่ได้ไปกลั่น-อฟ  
ด้วยฟลอริซิลคอลลัมน์ โดยชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 6,  
15 และ 50 โดยปริมาตรตามลำดับ จากนั้นนำเอาส่วนที่ชะได้ไประเหยที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศา-  
เซลเซียส จนเกือบแห้งแล้วรับปริมาตรให้เป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปวิเคราะห์หาชนิดและ  
ปริมาณของวัตถุดิบพืชด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี ผลปรากฏว่าพบ คีคิที เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์  
และอีไทฮอน ในส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 6 โดย  
ปริมาตร คลิคริน เอ็นครินและพาราไทฮอนในส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียม  
อีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตร มาลาไทฮอนในส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ใน  
ปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร

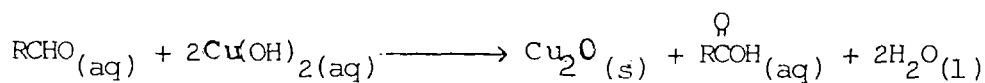
สำหรับการศึกษาค้างนี้ผู้วิจัยใช้อะซิโตนสกัดวัตถุดิบพืชออกจากน้ำผึ้ง แล้วแยกวัตถุดิบพืช  
ออกจากอะซิโตนโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ น้ำกลั่นและสารละลายอิมัลชันโซเดียมคลอไรด์ นำสารละลาย  
ที่ได้ไประเหยที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียสจนเหลือปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
นำสารละลายที่ได้ไปกลั่น-อฟผ่านฟลอริซิลคอลลัมน์ โดยใช้สารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์  
เข้มข้นร้อยละ 5, 15 และ 50 โดยปริมาตรเป็นต้นสังกัดตามลำดับ แล้วเอาส่วนที่ชะได้ไประเหยที่  
อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส จนเกือบแห้งแล้วรับปริมาตรให้เป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วย  
เฮกเซน นำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุดิบพืชด้วยแก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี

### วิธีดำเนินการทดลอง

การวิเคราะห์หาร้อยละของน้ำตาลรีดิวซิง ซูโครส ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราล และ ความชื้นในน้ำผึ้ง มีวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

หลักการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (AOAC. 1980 : 506 - 526)

การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในน้ำผึ้งทำได้โดยใช้สารละลายน้ำผึ้งเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักไทเทรตกับสารละลายเพอริงซึ่งประกอบด้วยเกลือเชิงซ้อนของคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ (Cu<sup>2+</sup>) โดยมีเมทิลีนบลู (methylene blue) เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ปฏิกิริยา เกิดขึ้นดังนี้ (Noller. 1965 : 392 - 393)



เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดขึ้นในขณะที่สารละลายเคี่ยว จึงต้องเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาล ในน้ำผึ้งไหม้ เพราะถ้าน้ำตาลไหม้ก็จะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับคอปเปอร์ (II) ไฮดรอกไซด์ได้และยัง เป็นการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายในขณะไทเทรตด้วย

### วิธีการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง

#### 1. สารเคมีและอุปกรณ์

- ก. น้ำผึ้ง
- ข. คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate)
- ค. โพแทสเซียมทาร์เทรต (potassium tartrate)
- ง. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)
- จ. น้ำตาลซูโครส
- ฉ. สารละลายเมทิลีนบลู เข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ข. บิวเรต ขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. เต้าไฟฟ้า

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

ก. 'ปีเปตสารละลายเฟห์ลิง เอ (Fehling A) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายเฟห์ลิง บี (Fehling B) 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จำนวน 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนเดือด เติมสารละลายเมทิลีนบลู 3 - 5 หยดขณะเดือด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายน้ำผึ้ง จนสีของตัวบ่งชี้จางหายไป บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำผึ้งที่ใช้ทั้งหมด ( $x$  ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ข. ปีเปตสารละลายเฟห์ลิง เอ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายเฟห์ลิง บี 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น  $25 - x$  ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายน้ำผึ้ง  $x - 1.5$  ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มจนเดือดแล้วเติมสารละลายเมทิลีนบลู 3 - 5 หยด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายน้ำผึ้งจนกระทั่งสีของตัวบ่งชี้จางหายไป บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำผึ้งที่ใช้ทั้งหมด ( $A$  ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ค. การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเฟห์ลิง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปีเปตสารละลายเฟห์ลิง เอ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายเฟห์ลิง บี 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มจนเดือดแล้วไทเทรตกับสารละลายน้ำตาลอินเวอร์ต จนสีของตัวบ่งชี้จางหายไป บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลอินเวอร์ตที่ใช้ทั้งหมด ( $B$  ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ง. การคำนวณหาร้อยละของน้ำตาลรีดิวซิง คูณภาคผนวก

## การหาปริมาณน้ำตาลซูโครส (AOAC. 1980 : 506 - 526)

การหาปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้งใช้วิธีไฮโครลิซิสน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้งด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จะได้น้ำตาลอินเวิร์ตซึ่งหาปริมาณได้โดยนำไปไทเทรตกับสารละลายเพห์ลิง แล้วนำเอาปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีอยู่จริงในน้ำผึ้งมาลบออกจากปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่หาได้ จะได้ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่ได้จากการไฮโครลิซิสน้ำตาลซูโครส ใช้ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตนี้มาคำนวณหาปริมาณน้ำตาลซูโครสได้

### วิธีการหาละยะของน้ำตาลซูโครส

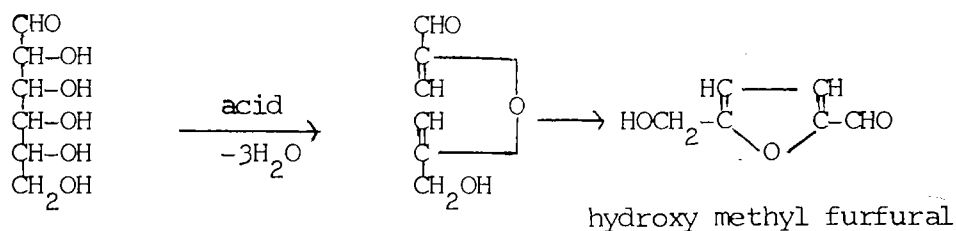
1. สารเคมีและอุปกรณ์ เหมือนกับการหาปริมาณน้ำตาลรีควิง
2. วิธีดำเนินการทดลอง

ก. หาปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีอยู่จริงในสารละลายน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการเดียวกับการหาปริมาณน้ำตาลรีควิง

ข. หาปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายน้ำผึ้งที่ผ่านการไฮโครลิซิสแล้วโดย  
 ปิเปตสารละลายเพห์ลิง เอ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายเพห์ลิง บี 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มให้เดือด แล้วไทเทรตกับสารละลายน้ำผึ้งที่ผ่านการไฮโครลิซิสแล้ว จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดง เติมสารละลายเมทิลินบลู 2 - 3 หยด แล้วไทเทรตต่อกับสารละลายน้ำผึ้งที่ผ่านการไฮโครลิซิสแล้ว จนสีของตัวบ่งชี้จางหายไป บันทึกปริมาตรทั้งหมดของสารละลายน้ำผึ้งที่ผ่านการไฮโครลิซิสแล้ว นำไปคำนวณหาละยะของน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้ง วิธีคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก

## การหาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัฟรัล (ภาคผนวก ข. มอก 470 - 2526)

ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัฟรัลในน้ำผึ้งเกิดจากกรที่มีอยู่ในน้ำผึ้งไปคิงน้ำ (dehydration) ออกจากน้ำตาล ปฏิกริยาเกิดขึ้นดังนี้ (Noller. 1965 : 406 - 407)



ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัลที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับสารพวกโพลีไฮดริกฟีนอล (polyhydric phenol) ในภาวะที่เป็นกรดได้สารที่มีสี ซึ่งนำไปวัดค่าความดูดกลืนแสง (absorbance, A) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร (nm) ได้

### วิธีการหาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล ( มอก. 470 - 2526 )

#### 1. สารเคมีและอุปกรณ์

ก. น้ำผึ้ง

ข. กรดบาร์บิทริก (barbituric acid)

ค. พารา-โทลูอิดีน (p-toluidine) ...

ง. น้ำกลั่น

จ. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบ Bush & Lomb spectronic 21

#### 2. วิธีดำเนินการทดลอง

ก. บีเบตสารละลายน้ำผึ้ง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายพารา-โทลูอิดีน

5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายกรดบาร์บิทริก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่หลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ( $A_1$ ) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

ข. บีเบตสารละลายน้ำผึ้ง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายพารา-โทลูอิดีน

5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่หลอดทดลองเขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ( $A_0$ ) ที่ความยาวคลื่น 550 เซนติเมตร

ค. การคำนวณหาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล แสดงไว้ในภาคผนวก

### การหาความเป็นกรด - เบสของสารละลายน้ำผึ้ง

ชั่งน้ำผึ้ง 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปหาค่าความเป็นกรด - เบส โดยใช้พีเอชมิเตอร์ (pH meter)

### การหาความชื้นของน้ำผึ้ง (AOAC. 1980 : 506 - 526)

ใช้มาตรวัดดัชนีหักเห (refractometer) หาค่าดัชนีหักเห (refractive index) ของน้ำผึ้งที่ 20 องศาเซลเซียส โดยหยดน้ำผึ้งลงบนปริซึม (prism) ของมาตรวัดดัชนีหักเห แล้วให้แสงผ่านปริซึม ปรับรอยตัดระหว่างแถบมืด (dark band) และแถบสว่าง (light band) ให้คมชัด แล้วอ่านค่าดัชนีหักเห นำค่าดัชนีหักเหที่อ่านได้ไปหาค่าความชื้นจากตารางมาตรฐาน (AOAC method. 1980 : 518)

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหที่ 20 องศาเซลเซียส กับความชื้นของน้ำผึ้ง

| ความชื้น<br>ร้อยละ | ค่าดัชนีหักเห<br>20 °C | ความชื้น<br>ร้อยละ | ค่าดัชนีหักเห<br>20 °C |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 14.0               | 1.5018                 | 17.8               | 1.4920                 |
| 14.2               | 1.5012                 | 18.0               | 1.4915                 |
| 14.4               | 1.5007                 | 18.2               | 1.4910                 |
| 14.6               | 1.5002                 | 18.4               | 1.4905                 |
| 14.8               | 1.4997                 | 18.6               | 1.4900                 |
| 15.0               | 1.4992                 | 18.8               | 1.4895                 |
| 15.2               | 1.4987                 | 19.0               | 1.4890                 |
| 15.4               | 1.4982                 | 19.2               | 1.4885                 |
| 15.6               | 1.4976                 | 19.4               | 1.4880                 |

ตาราง 2 (ต่อ)

| ความชื้น<br>ร้อยละ | ค่าดัชนีหักเห<br>20 °C | ความชื้น<br>ร้อยละ | ค่าดัชนีหักเห<br>20 °C |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 15.8               | 1.4971                 | 19.6               | 1.4875                 |
| 16.0               | 1.4966                 | 19.8               | 1.4870                 |
| 16.2               | 1.4961                 | 20.0               | 1.4865                 |
| 16.4               | 1.4956                 | 20.2               | 1.4860                 |
| 16.6               | 1.4951                 | 20.4               | 1.4855                 |
| 16.8               | 1.4946                 | 20.6               | 1.4850                 |
| 17.0               | 1.4940                 | 20.8               | 1.4845                 |
| 17.2               | 1.4935                 | 21.0               | 1.4840                 |
| 17.4               | 1.4930                 | 21.2               | 1.4835                 |
| 17.6               | 1.4925                 | 21.4               | 1.4830                 |

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุดิบพืช (AOAC. 1980 : 533 - 547)

1. สารเคมีและอุปกรณ์

- ก. น้ำผึ้ง
- ข. อะซิโตน
- ค. ปีโตรเลียมอีเทอร์
- ง. ไดเอทิลอีเทอร์
- จ. โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)
- ฉ. โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)
- ช. น้ำกลั่น

- ข. เครื่องระเหยแบบลดความดัน (rotary evaporater)
- ฉ. ฟลอร์ซิล
- ญ. กรวยแยกขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ฎ. คอลัมน์ขนาด  $1 \times 25$  เซนติเมตร
- ฏ. เครื่องคนแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

## 2. วิธีดำเนินการทดลอง

ก. การสกัดวัตถุดิบออกจากน้ำผึ้ง ชั่งน้ำผึ้ง 25 กรัมใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำอะซิโตน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วคนด้วยเครื่องคนแบบแม่เหล็ก 30 นาที กรองใส่ขวดรูปกรวยขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากอะซิโตนสามารถดูดความชื้นได้ดีไม่เหมาะสำหรับการใช้กับ เครื่องแก๊ส - ลิควิด โครมาโทกราฟี จึงจำเป็นต้องแยกวัตถุดิบออกจากอะซิโตน โดยเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร, น้ำกลั่น 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายอิมัลชันโซเดียมคลอไรด์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่า 30 นาที ทิ้งไว้ให้แยกชั้น แล้วไขเอาชั้นน้ำออกนำไปสกัดอีกครั้งหนึ่งด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บสารที่สกัดได้รวมกับที่สกัดครั้งแรก เติมโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำเพื่อกำจัดน้ำที่เหลืออยู่ เขย่า แล้วกรอง นำสารที่ได้ไประเหยที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน จนเหลือปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. การเตรียมฟลอร์ซิลคอลัมน์ นำฟลอร์ซิลไปอบที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมงแล้วเก็บในโถทำแห้ง (dessicator) ก่อนนำไปใส่ลงในคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง บรรจุยาแก้ลงในคอลัมน์ นำฟลอร์ซิลที่ยังร้อนอยู่เติมลงในคอลัมน์จนสูง 10 เซนติเมตร แล้วเติมโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำปิดผิวหน้าคอลัมน์ให้สูง 2 เซนติเมตร ปลอ่ยให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไหลลงสู่ภาชนะ

ค. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง นำสารละลายจากข้อ ก. ใส่ลงในคอลัมน์แล้วชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 6, 15 และ 50 โดยปริมาตร ตามลำดับ นำเอาส่วนที่ชะได้ไประเหยที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียสจนเกือบแห้ง แล้วรับปริมาตรให้เป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรด้วยเฮกเซน

ง. การวิเคราะห์ชนิดของวัตถุมีพิษโดยใช้แก๊ส - ลิควิด โครมาโทกราฟี ใช้ไซริง (microliter syringe) ขนาด 10 ไมโครลิตรดูดสารละลายจากข้อ ค. จำนวน 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊ส - ลิควิด โครมาโทกราฟี แล้วหาชนิดของวัตถุมีพิษได้โดยเปรียบเทียบเวลารีเทนชัน (retention time) ระหว่างพีค (peak) ที่เกิดจากน้ำผึ้งกับพีคของวัตถุมีพิษมาตรฐานที่ตรวจภายใต้สภาวะเดียวกัน วัตถุมีพิษชนิดเดียวกันจะมีเวลารีเทนชันเท่ากัน

#### จ. การวิเคราะห์หาปริมาณของวัตถุมีพิษ

##### 1. การทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve)

##### ก. เตรียมสารละลายของวัตถุมีพิษมาตรฐาน (standard solution)

นำวัตถุมีพิษดังต่อไปนี้ คีตีที เซปตาคลอร์ มาลาไทออน ไคอะซินอน อะโซครินและเมทิลพาราไทออน มาเตรียมให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 - 5 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย

ข. ใช้ไซริงขนาด 10 ไมโครลิตรดูดสารละลายในข้อ ก. จำนวน 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊ส - ลิควิด โครมาโทกราฟี จะได้พีคและพื้นที่พีคของวัตถุมีพิษมาตรฐาน

ค. นำพื้นที่พีคและปริมาณวัตถุมีพิษในสารละลายมาตรฐานมาเขียนกราฟ จะได้กราฟมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์สารตัวอย่าง นำพื้นที่พีคที่ได้จากสารละลายตัวอย่างไปหาปริมาณวัตถุมีพิษ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ฉ. การหาเปอร์เซ็นต์รีคัฟเวอรี (percent recovery) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดลอง แล้วนำไปหาปริมาณวัตถุมีพิษที่มีอยู่จริงในสารตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำน้ำผึ้งไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเติมสารละลายวัตถุมีพิษมาตรฐานเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตรจำนวน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. นำสารละลายจากข้อ 1. มาผ่านขบวนการต่าง ๆ เหมือนกับการเตรียมสารละลายตัวอย่าง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุมีพิษด้วยเครื่องแก๊ส - ลิควิด โครมาโทกราฟี

3. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์รีคัฟเวอรีและปริมาณวัตถุมีพิษ แสดงไว้ในภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งและตรวจหาปริมาณวิตามินที่ตกค้างในน้ำผึ้ง จากตัวอย่างน้ำผึ้งที่ได้รับจากหน่วยวิจัยชีววิทยาของผึ้ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเก็บในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2529 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2530 ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งที่ได้จากสวพรรณไม้ต่าง ๆ

แสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งที่ได้จากสวพรรณไม้ต่าง ๆ

| สวพรรณไม้<br>ที่ผลิตน้ำผึ้ง | องค์ประกอบ |      |                     |             |                   |
|-----------------------------|------------|------|---------------------|-------------|-------------------|
|                             | น้ำ<br>%   | pH   | น้ำตาลรีตีวซิง<br>% | ซูโครส<br>% | H.M.F.<br>มก./กก. |
| ลำไย <sup>3</sup>           | 18.20      | 4.20 | 66.90               | 2.37        | 11.52             |
| ลำไย <sup>4</sup>           | 18.80      | 4.30 | 67.10               | 3.06        | 11.52             |
| ลำไย <sup>5</sup>           | 18.40      | 6.20 | 65.34               | 0.90        | 13.44             |
| สาบเสือ <sup>1</sup>        | 15.20      | 6.05 | 67.99               | 2.95        | 13.44             |
| สาบเสือ <sup>3</sup>        | 17.20      | 4.50 | 67.08               | 1.04        | 9.60              |
| สาบเสือ <sup>4</sup>        | 18.80      | 4.15 | 67.11               | 2.91        | 19.20             |
| สาบเสือ <sup>5</sup>        | 18.60      | 4.00 | 68.00               | 3.13        | 13.44             |
| สาบเสือ <sup>6</sup>        | 17.60      | 4.10 | 68.00               | 2.96        | 15.36             |
| นุ่น <sup>3</sup>           | 16.40      | 3.85 | 66.00               | 3.75        | 15.36             |
| นุ่น <sup>7</sup>           | 16.00      | 4.55 | 68.69               | 0.14        | 7.68              |
| ลิ้นจี่ <sup>5</sup>        | 16.60      | 5.90 | 66.39               | 1.42        | 7.68              |
| ลิ้นจี่                     | 21.40      | 4.40 | 69.70               | 1.55        | 9.60              |

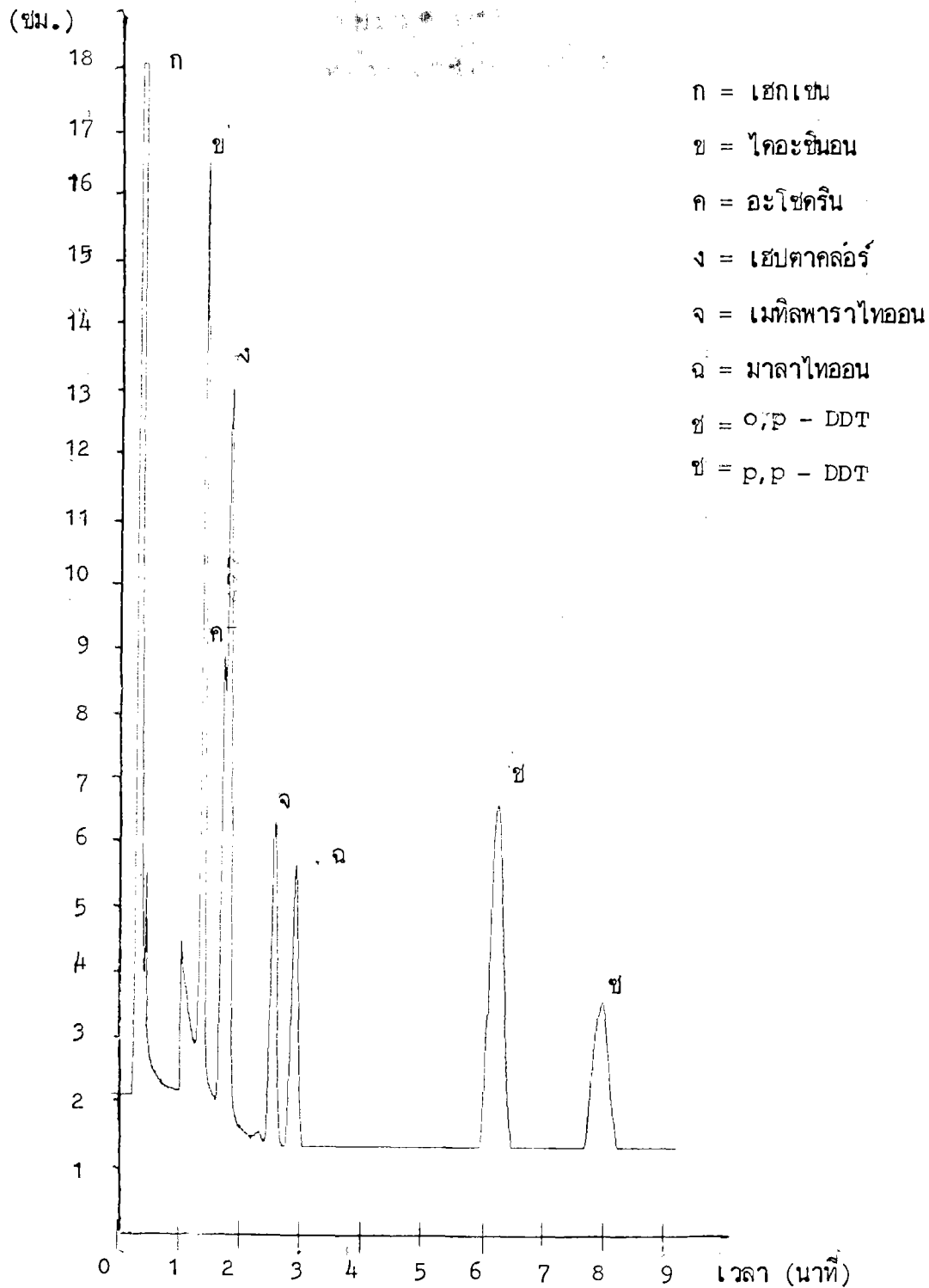
## 2. ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้ง

### 2.1 ผลการหาปริมาณและเวลาริเทนชันของวัตถุมีพิษ

ตาราง 4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและเวลาริเทนชันของวัตถุมีพิษมาตรฐาน

| วัตถุมีพิษ     | ปริมาณ<br>มก./ซม <sup>3</sup> | เวลาริเทนชัน<br>นาที |
|----------------|-------------------------------|----------------------|
| ไดอะซินอน      | 0.0608                        | 1.34                 |
| อะโซคริน       | 0.0761                        | 1.68                 |
| เซปตาคลอร์     | 0.0730                        | 1.76                 |
| เมทิลพาราไทออน | 0.0455                        | 2.54                 |
| มาลาไทออน      | 0.0745                        | 2.90                 |
| o,p-DDT        | 0.0709                        | 6.17                 |
| p,p-DDT        | 0.0658                        | 7.94                 |

จากการใช้สารละลายผสมของวัตถุมีพิษมาตรฐาน 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊ส-  
ลิควิดโครมาโทกราฟี ปรากฏว่า ไดอะซินอน ถูกแยกออกมาก่อนแล้วตามด้วย อะโซคริน เซปตาคลอร์  
เมทิลพาราไทออน มาลาไทออน o,p-DDT และ p,p-DDT ตามลำดับ ลักษณะของพีคและ  
เวลาริเทนชันของวัตถุมีพิษมาตรฐาน แสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุที่มีมาตรฐาน  
 ปริมาณตั้งแต่ 0.0445 - 0.4489 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร

178694

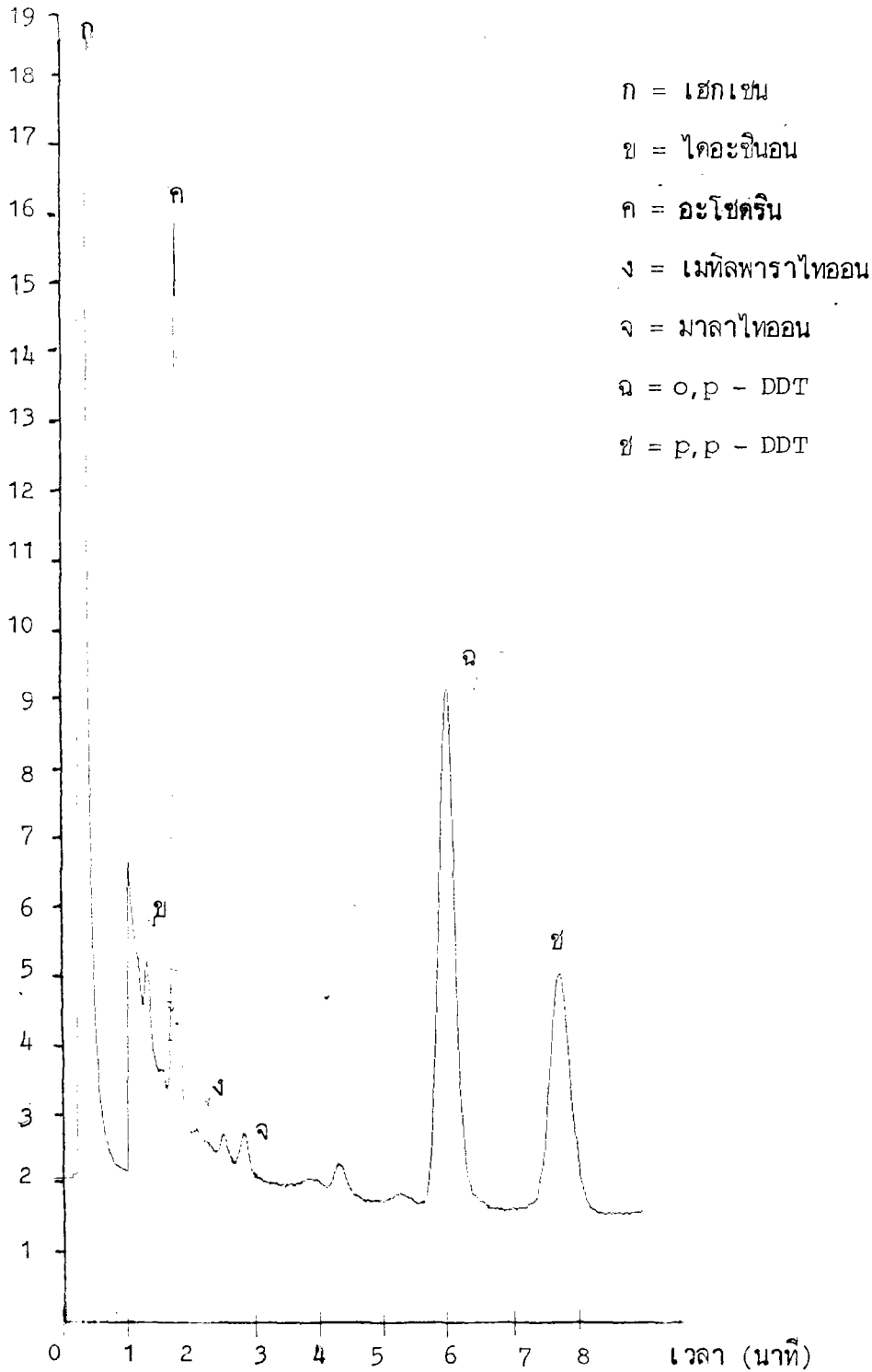
## 2.2 การหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์ของวัตถุมีพิษที่เติมลงในน้ำผึ้ง

ตาราง 5 แสดงข้อมูลในการหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์ของวัตถุมีพิษทั้ง 7 ชนิด ที่เติมลงในน้ำผึ้งที่ได้จากสาบเสือ

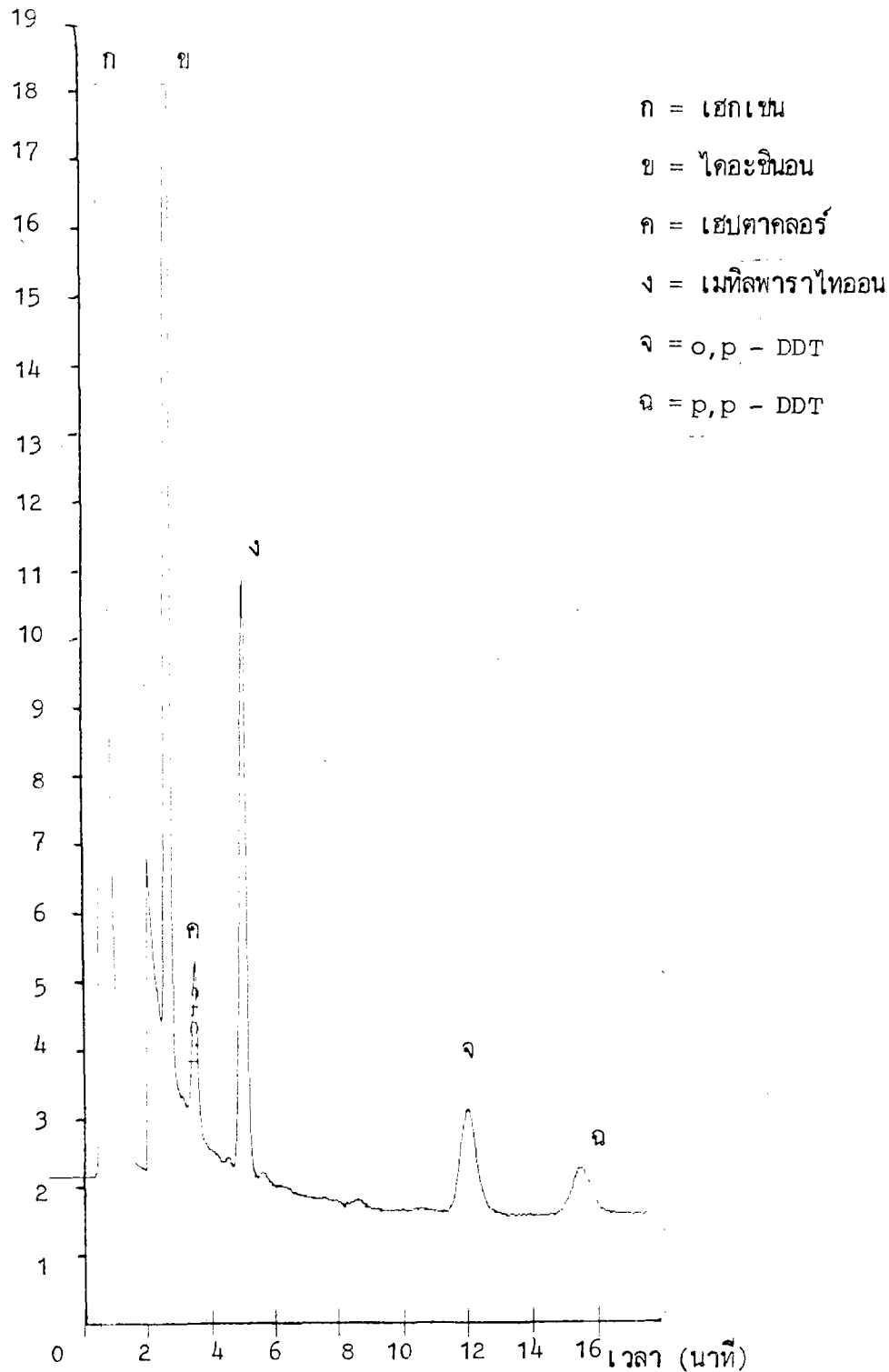
| ส่วนพรรณไม้<br>ที่ผลิตน้ำผึ้ง | วัตถุมีพิษ     | ปริมาณที่เติม<br>มก. | ปริมาณที่ตรวจพบ<br>มก. | เปอร์เซ็นต์<br>รีคัพเวอร์ |
|-------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| สาบเสือ <sup>3</sup>          | ไดอะซินอน      | 1.32                 | 1.20                   | 90.91                     |
|                               | อะโซดริน       | 2.07                 | 1.46                   | 70.64                     |
|                               | เมทิลพาราไทออน | 1.00                 | 0.84                   | 84.00                     |
|                               | มาลาไทออน      | 1.62                 | 1.02                   | 63.13                     |
|                               | เอปทาคลอร์     | 1.06                 | 0.82                   | 76.00                     |
|                               | o, p-DDT       | 1.06                 | 0.95                   | 89.15                     |
|                               | p, p-DDT       | 1.02                 | 0.83                   | 81.39                     |

จากการหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอร์ แสดงว่าวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ดีสำหรับการวิเคราะห์หาวัตถุมีพิษทั้ง 7 ชนิดที่ตกค้างในน้ำผึ้ง เนื่องจากให้เปอร์เซ็นต์การตรวจพบสูงคือมากกว่าร้อยละ 70 ยกเว้นมาลาไทออน ได้เปอร์เซ็นต์การตรวจพบร้อยละ 63.13 ส่วนน้ำผึ้งที่เป็นตัวควบคุมตรวจไม่พบวัตถุมีพิษหรือสารใด ๆ ที่ทำให้เกิดพิษที่มีเวลาริเทนชันเท่ากับพิษของวัตถุมีพิษทั้ง 7 ชนิด ลักษณะของพิษของวัตถุมีพิษที่ตรวจพบแสดงในภาพประกอบ 2 - 4

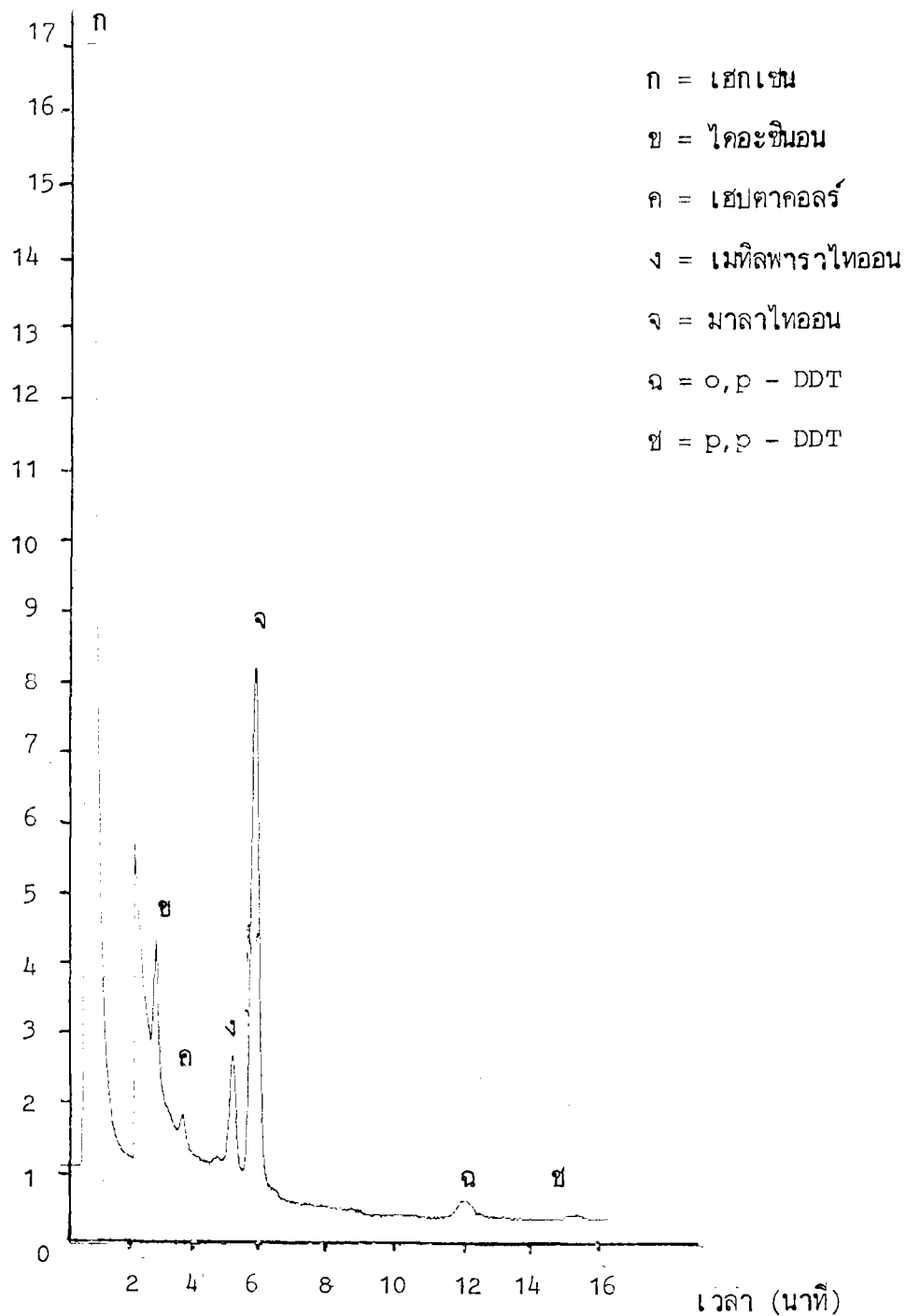
ความสูงของพีค (ชม.)



ภาพประกอบ 2 แสดงพีคที่วิเคราะห์แก๊ส - ลิกวิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุที่มีมาตรฐานที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสับเสือ ส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในโพโตรเลียมอีเทอร์  
 เข้มข้นร้อยละ 6 โดยปริมาตร



ภาพประกอบ 3 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุที่มีพิษมาตรฐานที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสลาบเสือ ส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตร



ภาพประกอบ 4 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุมีพิษมาตรฐาน  
 ที่เติมลงในน้ำผึ้งจากดอกสับเสือ ส่วนที่ชะด้วยสารละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์  
 เข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร

## 2.3

ตาราง 6 แสดงพื้นที่พืชของวัตถุดิบมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

| วัตถุดิบ       | ความเข้มข้น<br>ไมโครกรัม/ไมโครลิตร | พื้นที่พืช<br>จำนวนนับ |
|----------------|------------------------------------|------------------------|
| ไคอะซินอน      | 0.13                               | 7965                   |
|                | 0.26                               | 16032                  |
|                | 0.39                               | 23769                  |
|                | 0.53                               | 32030                  |
|                | 1.32                               | 79105                  |
| มาลาไธออน      | 0.50                               | 17040                  |
|                | 0.70                               | 24720                  |
|                | 0.80                               | 28250                  |
|                | 1.50                               | 51370                  |
|                | 1.62                               | 54852                  |
| เมทิลพาราไธออน | 0.10                               | 6760                   |
|                | 0.20                               | 13310                  |
|                | 0.30                               | 18350                  |
|                | 0.40                               | 24840                  |
|                | 1.00                               | 64494                  |
| อะโซคริน       | 0.21                               | 9358                   |
|                | 0.30                               | 13560                  |
|                | 0.40                               | 18454                  |
|                | 0.50                               | 22680                  |
|                | 2.10                               | 96224                  |

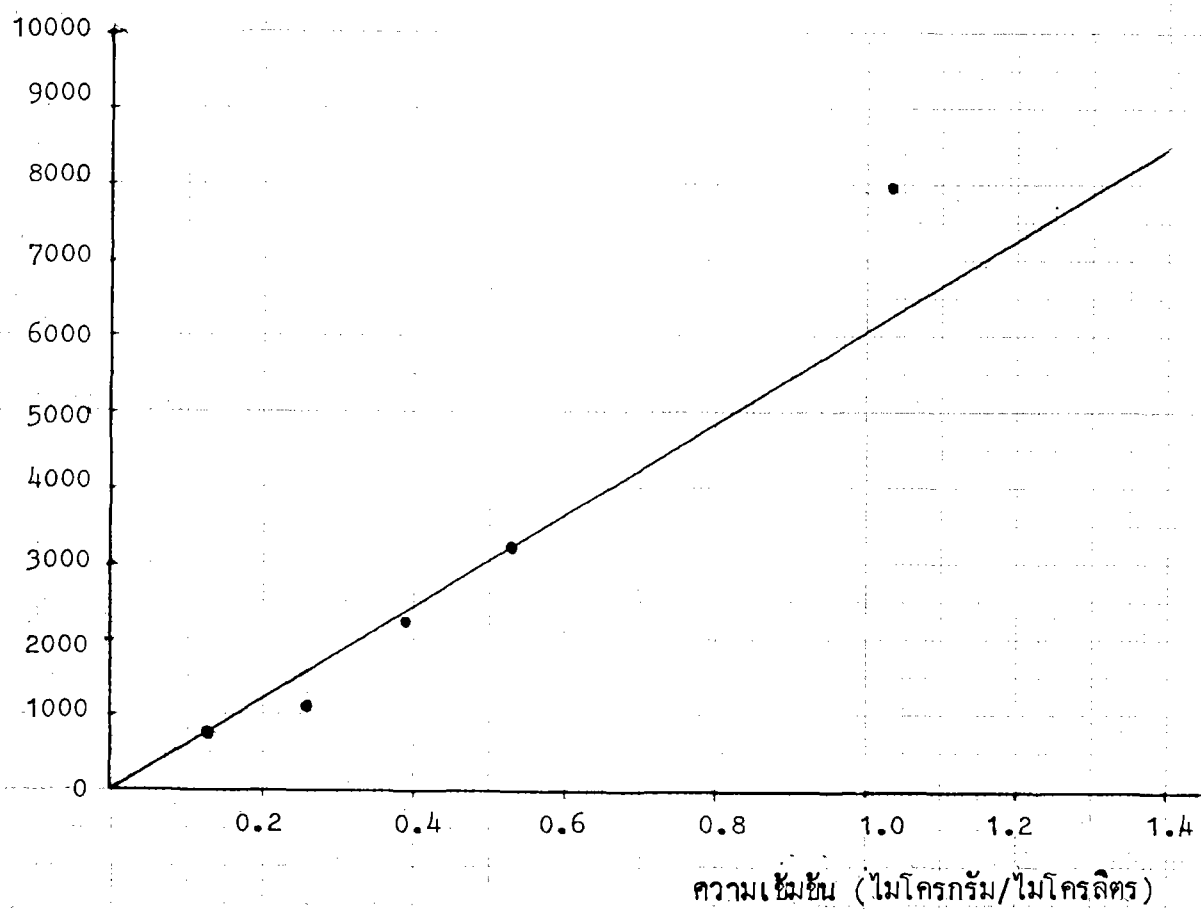
ตาราง 6 (ต่อ)

| วัตถุพิษ   | ความเข้มข้น<br>ไมโครกรัม/ไมโครลิตร | พื้นที่ผก<br>จำนวนนับ |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| p, p-DDT   | 0.10                               | 4130                  |
|            | 0.20                               | 7980                  |
|            | 0.30                               | 11430                 |
|            | 0.40                               | 15678                 |
|            | 1.02                               | 43121                 |
| o, p-DDT   | 0.10                               | 8275                  |
|            | 0.20                               | 15842                 |
|            | 0.30                               | 23985                 |
|            | 0.40                               | 31972                 |
|            | 1.06                               | 84184                 |
| เฮปทาคลอร์ | 0.10                               | 5680                  |
|            | 0.20                               | 10850                 |
|            | 0.30                               | 15965                 |
|            | 0.40                               | 22367                 |
|            | 1.05                               | 56084                 |

จากข้อมูลในตาราง 6 นำไปเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของวัตถุพิษกับพื้นที่ผก  
จะได้กราฟมาตรฐาน ดังแสดงในภาพประกอบ 5 - 11

ข. ๗๗  
พันทศ

(จำนวนนับ)



ภาพประกอบ 5 แสดงกราฟมาตรฐานของโคอะตินอน

ย. ๕๖  
พทพค

(จำนวนนับ)

60000

50000

40000

30000

20000

10000

0

0.4

0.8

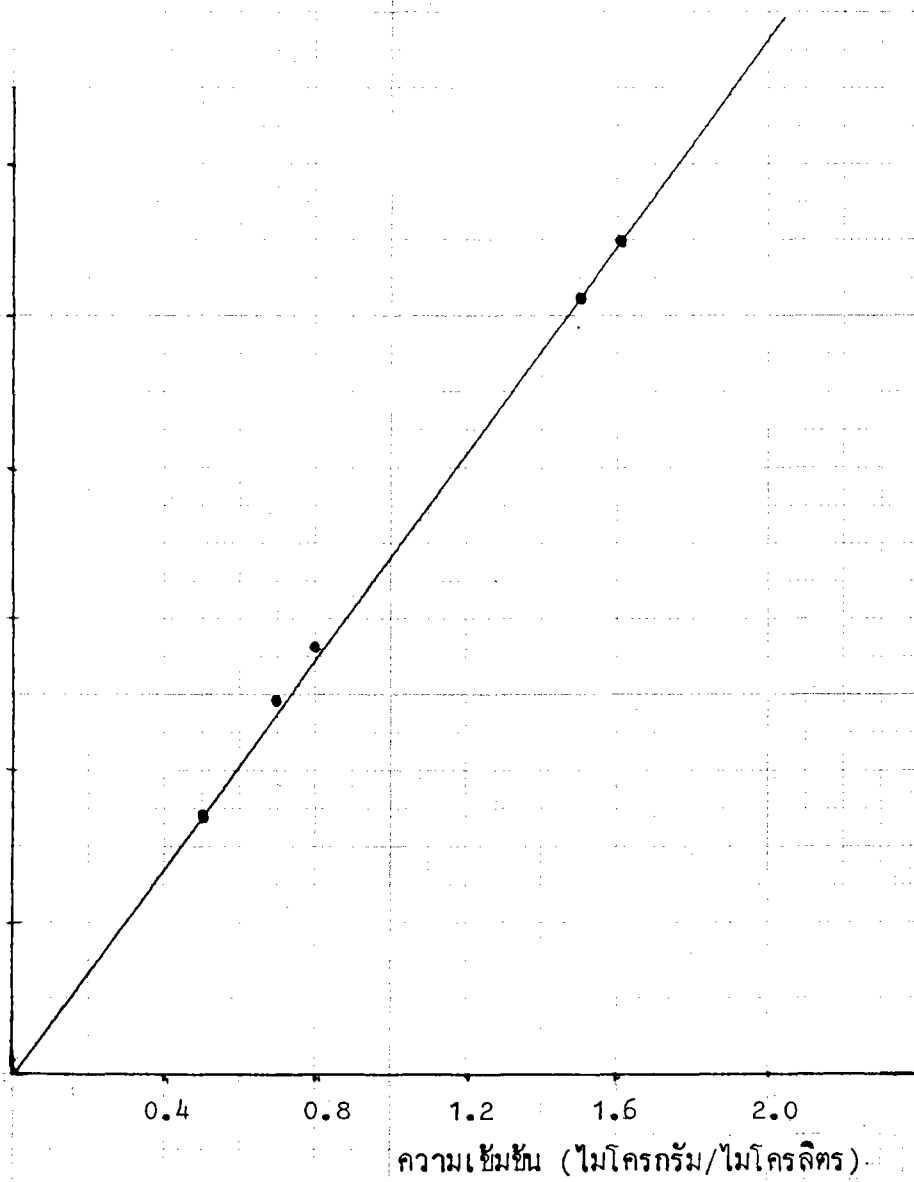
1.2

1.6

2.0

ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/ไมโครลิตร)

ภาพประกอบ 6 แสดงกราฟมาตรฐานของมาลาไทออน



พื้นที่ (จำนวนนับ)

70000

60000

50000

40000

30000

20000

10000

0

0.2

0.4

0.6

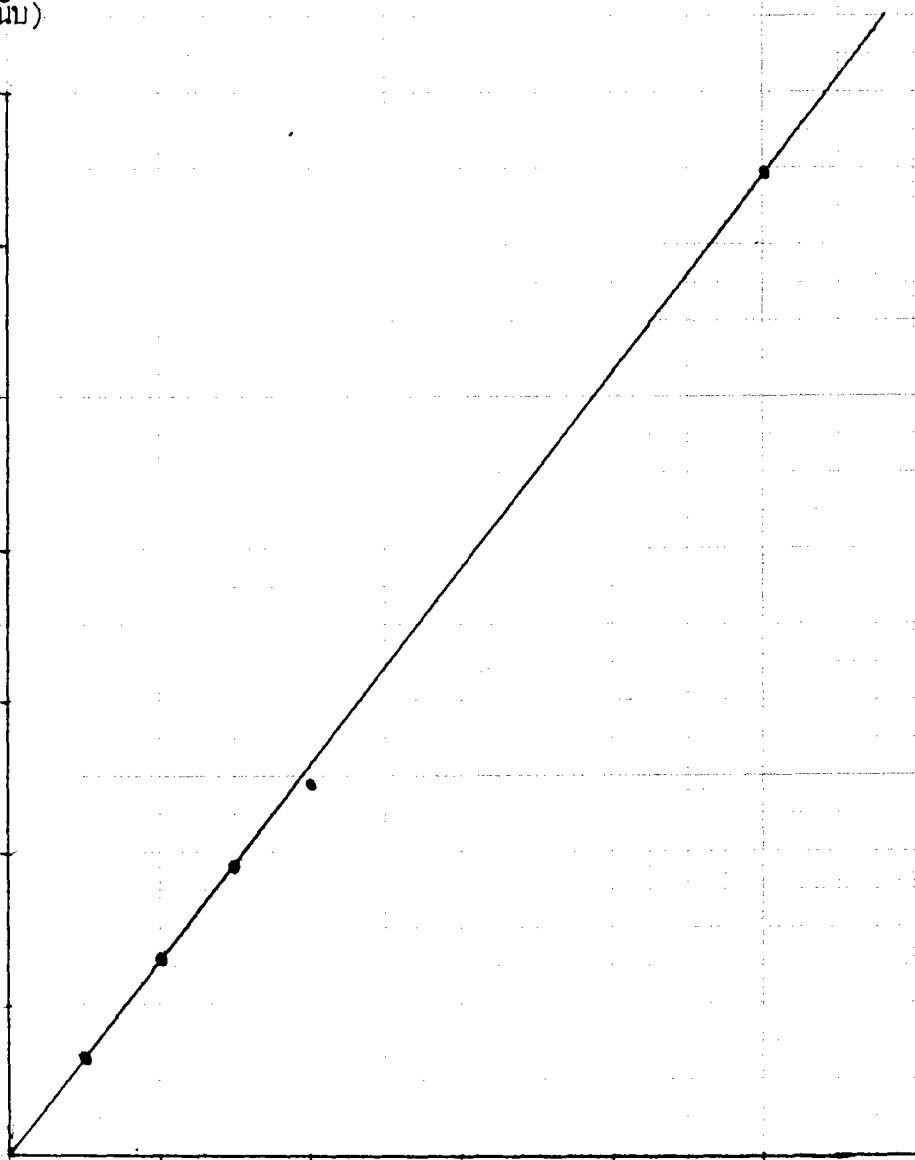
0.8

1.0

ความเข้มข้น

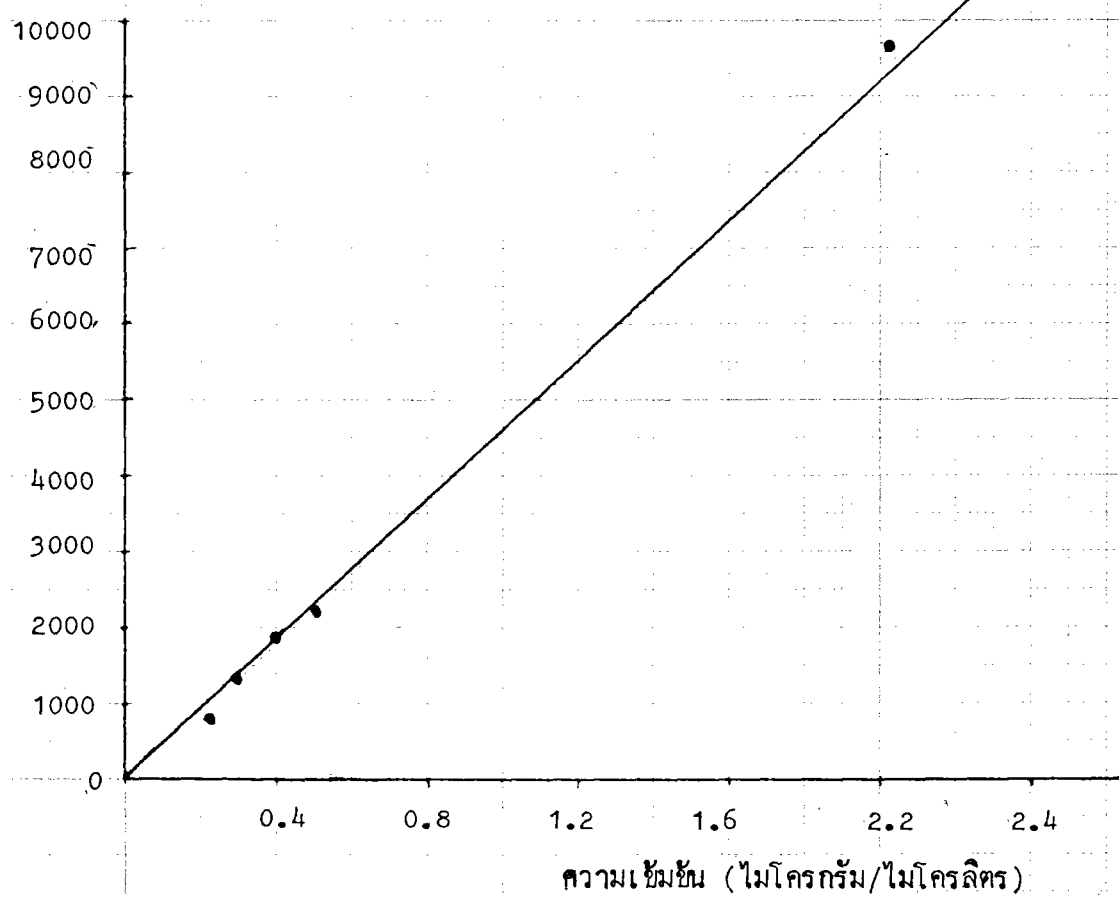
ไมโครกรัม/ไมโครลิตร

ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟมาตรฐานของเมทิลพาราไทออน



พื้นที่  
ปลูก

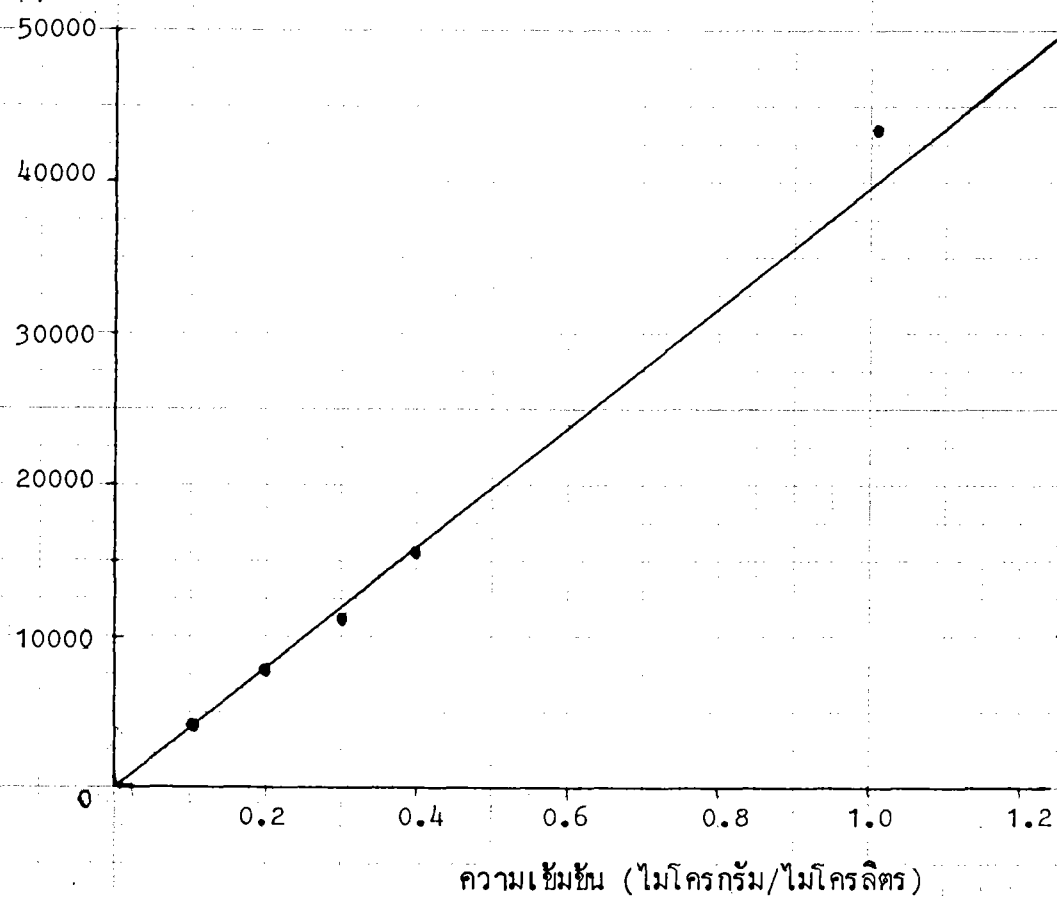
(จำนวนนับ)



ภาพประกอบ 8 แสดงกราฟมาตรฐานของอะโซคริน

พื้นที่  
พืชมงคล

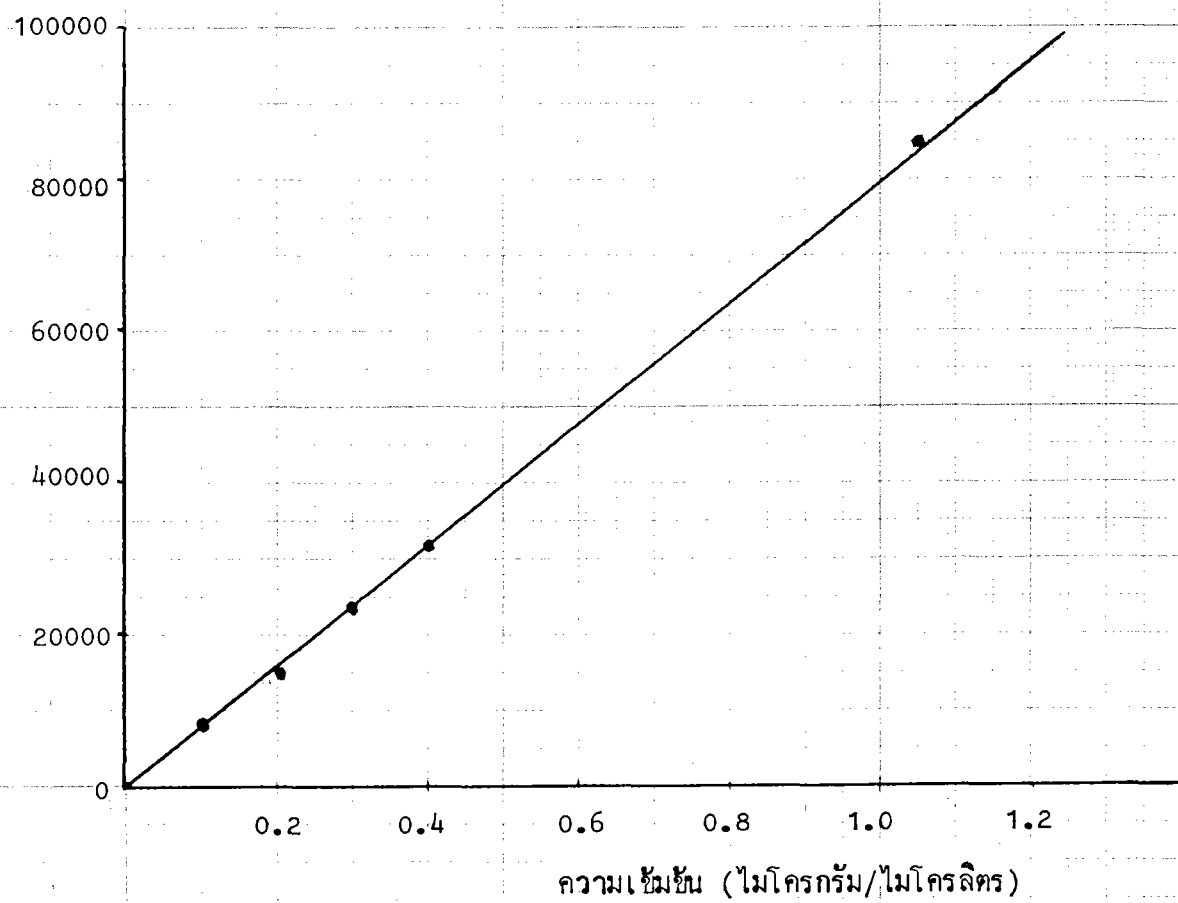
(จำนวนนับ)



ภาพประกอบ 9 แสดงกราฟมาตรฐานของ p,p - DDT

๕.๕๖  
พบฟอส

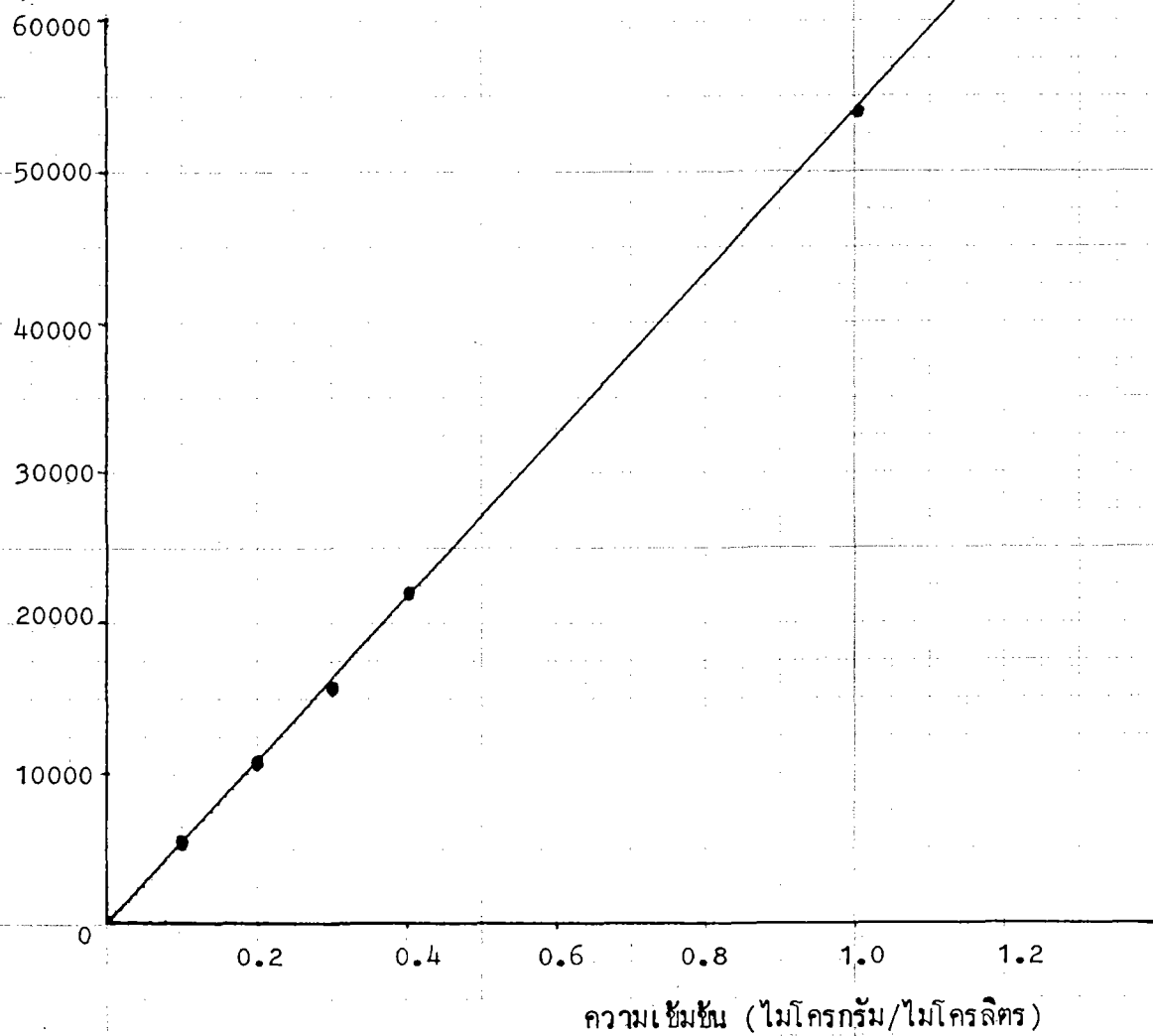
(จำนวนนับ)



ภาพประกอบ 10 แสดงกราฟมาตรฐานของ o,p - DDT

ย. ๗๗  
พทพค

(จำนวนนับ)



ภาพประกอบ 11 แสดงกราฟมาตรฐานของเฮปตาคลอร์

2.4 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้งที่ได้จาก  
สวนพรรณไม้ต่าง ๆ

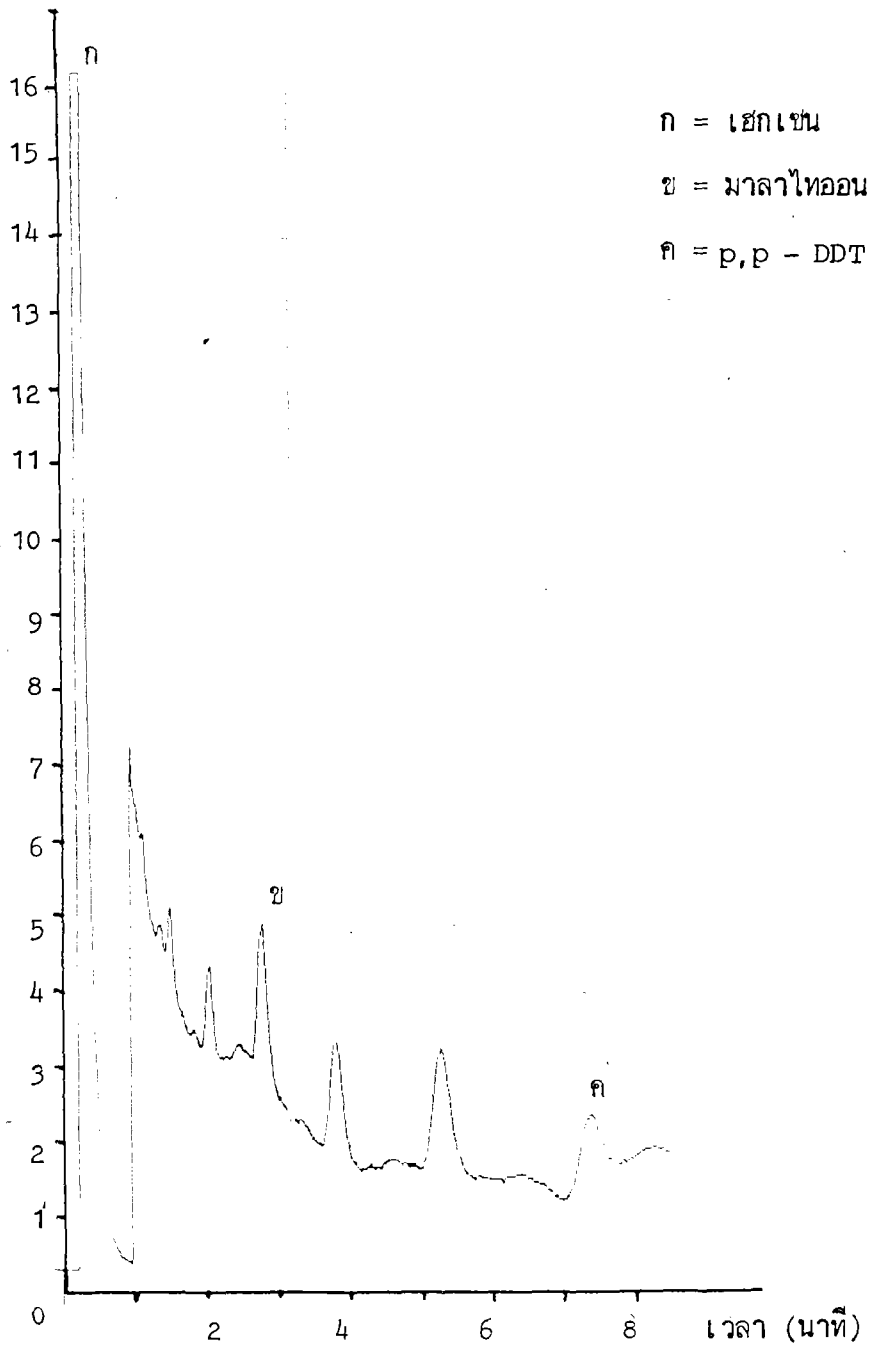
ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้ง ที่ได้จาก  
สวนพรรณไม้ต่าง ๆ

| สวนพรรณไม้<br>ที่ผลิตน้ำผึ้ง | วัตถุมีพิษที่ตรวจพบ | ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้าง<br>ในน้ำผึ้ง (ppm) |
|------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| ลำไย <sup>3</sup>            | -                   | -                                            |
| ลำไย <sup>4</sup>            | มาลาไทออน           | 12.60                                        |
|                              | p, p-DDT            | 7.37                                         |
| ลำไย <sup>5</sup>            | มาลาไทออน           | 19.00                                        |
|                              | เมลินพาราไทออน      | 1.63                                         |
|                              | p, p-DDT            | 1.88                                         |
| สาบเสือ <sup>1</sup>         | ไซปทาคลอร์          | ปริมาณน้อยมาก                                |
| สาบเสือ <sup>3</sup>         | -                   | -                                            |
| สาบเสือ <sup>4</sup>         | -                   | -                                            |
| สาบเสือ <sup>5</sup>         | -                   | -                                            |
| สาบเสือ <sup>6</sup>         | -                   | -                                            |
| นุ่น <sup>3</sup>            | มาลาไทออน           | ปริมาณน้อยมาก                                |
|                              | p, p-DDT            | ปริมาณน้อยมาก                                |
| ลิ้นจี่ <sup>5</sup>         | มาลาไทออน           | 1.88                                         |
|                              | p, p-DDT            | 1.30                                         |
| ลิ้นจี่ <sup>6</sup>         | -                   | -                                            |
| ทุเรียน <sup>1</sup>         | มาลาไทออน           | 14.24                                        |
| มะม่วง <sup>1</sup>          | -                   | -                                            |

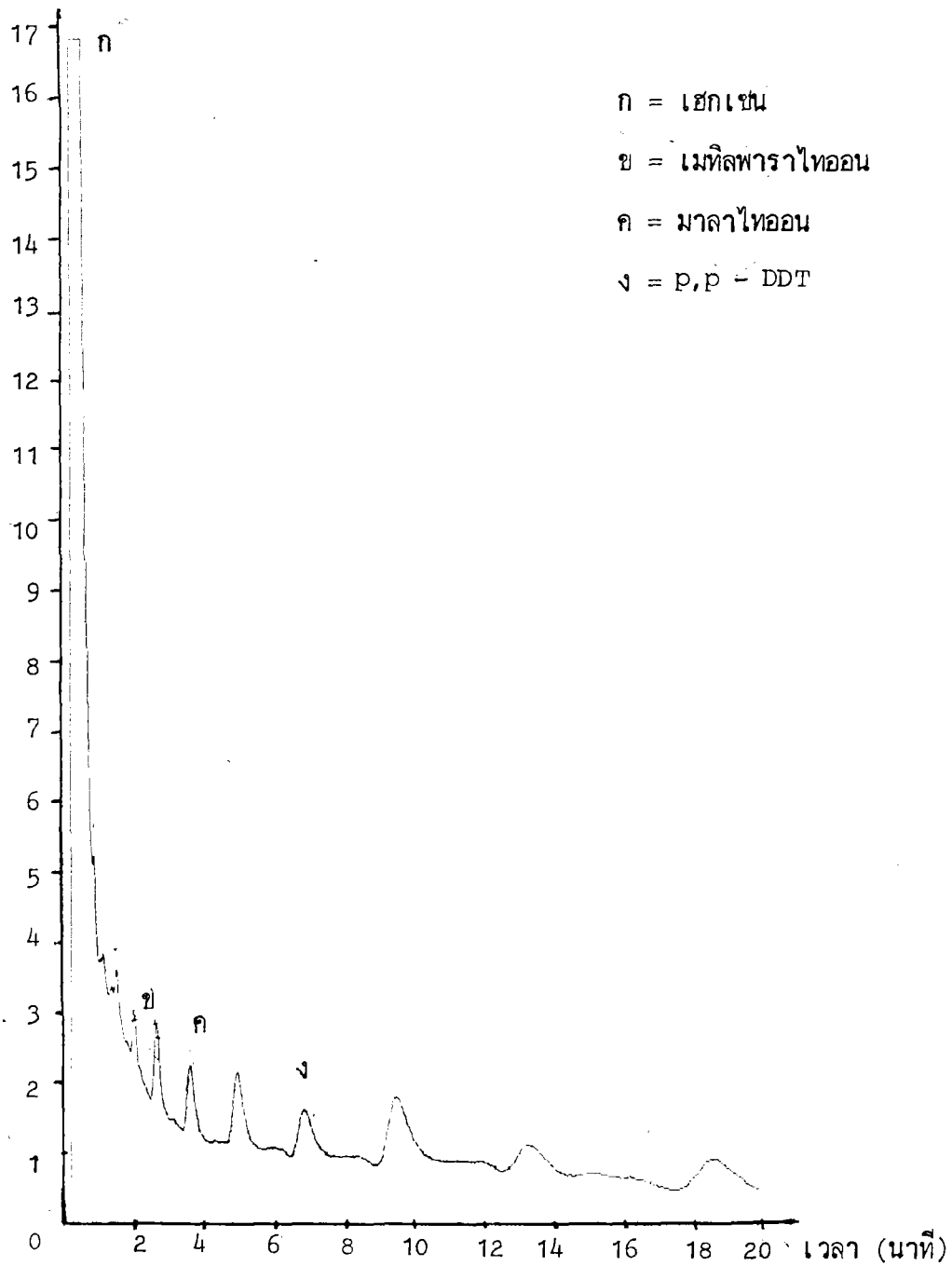
ตาราง 7 (ต่อ)

| สวนพรรณไม้<br>ที่ผลิตน้ำผึ้ง | วัตถุมีพิษที่ตรวจพบ | ปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้าง<br>ในน้ำผึ้ง (ppm) |
|------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| ยางพารา <sup>2</sup>         | -                   | -                                            |
| เงาะ <sup>2</sup>            | -                   | -                                            |
| ส้ม <sup>1</sup>             | มาลาไธออน           | 6.53                                         |
|                              | p,p-DDT             | 1.78                                         |
| ผึ้งโพรง                     | -                   | -                                            |

จากการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษทั้ง 7 ชนิดที่ตกค้างในน้ำผึ้ง พบวัตถุมีพิษที่ตกค้างดังต่อไปนี้ มาลาไธออน 0 - 19.00 ppm ในน้ำผึ้งจากสวนลำไย 2 ตัวอย่าง น้ำผึ้งจากสวนส้ม 1 ตัวอย่าง น้ำผึ้งจากสวนทุเรียน 1 ตัวอย่าง และน้ำผึ้งจากทุเรียน 1 ตัวอย่าง เมทิลพาราไธออน มีปริมาณ 1.63 ppm ในน้ำผึ้งจากสวนลำไย 1 ตัวอย่าง p,p-DDT มีปริมาณ 0 - 7.37 ppm ในน้ำผึ้งจากสวนลำไย 2 ตัวอย่าง น้ำผึ้งจากสวนลิ้นจี่ 1 ตัวอย่าง และน้ำผึ้งจากสวนส้ม 1 ตัวอย่าง o,p-DDT มีปริมาณน้อยมากในน้ำผึ้งจากทุเรียน 1 ตัวอย่าง และเฮปตาคลอร์มีปริมาณน้อยมากในน้ำผึ้งจากทุเรียนและสาบเสือ ซึ่งพืชที่ได้จากน้ำผึ้งจากสวนลำไย ลิ้นจี่ ทุเรียน และส้ม แสดงในภาพประกอบ

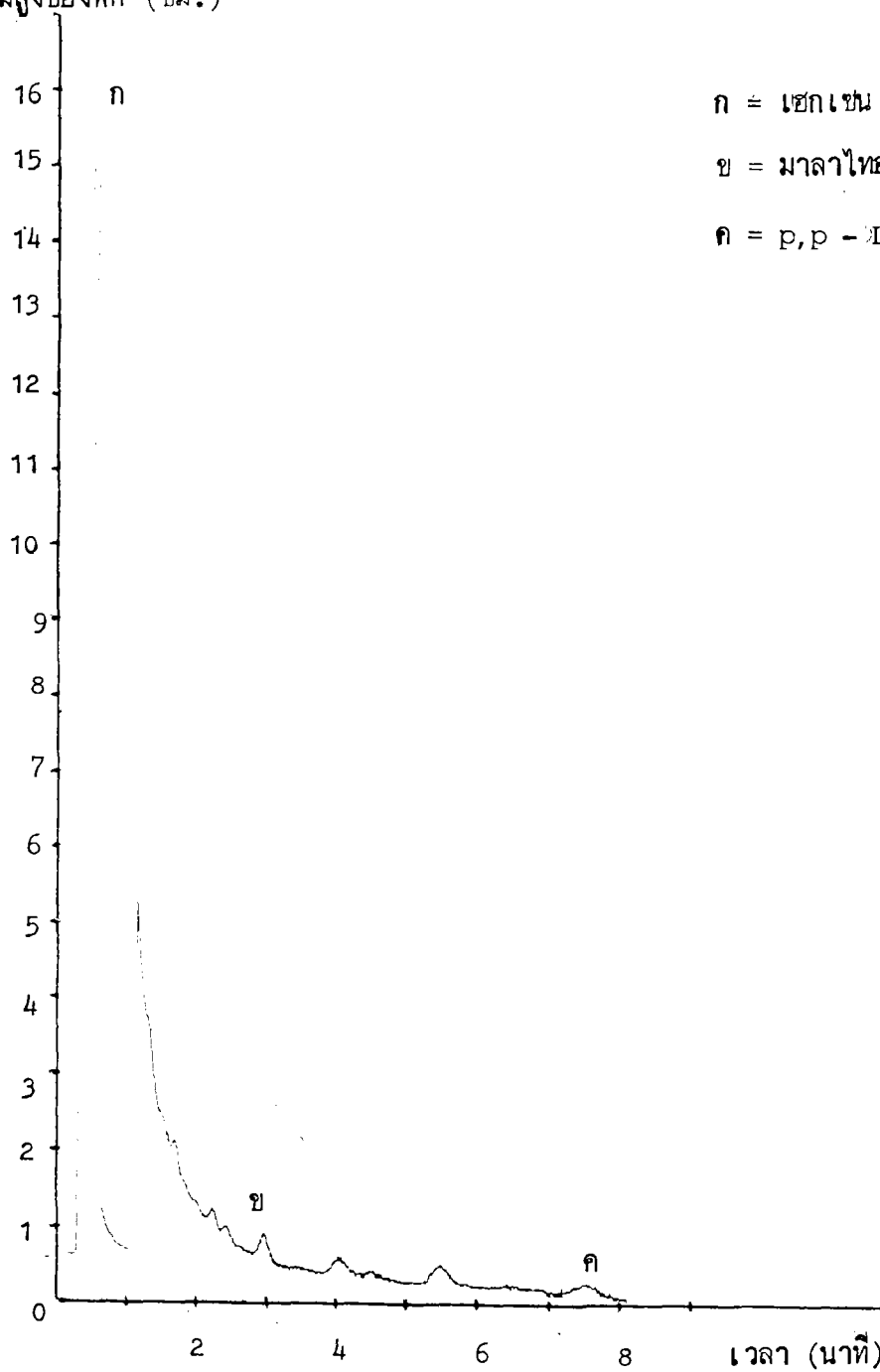


ภาพประกอบที่ 12 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุพิษในน้ำผึ้งจากสวนลำไย<sup>4</sup>



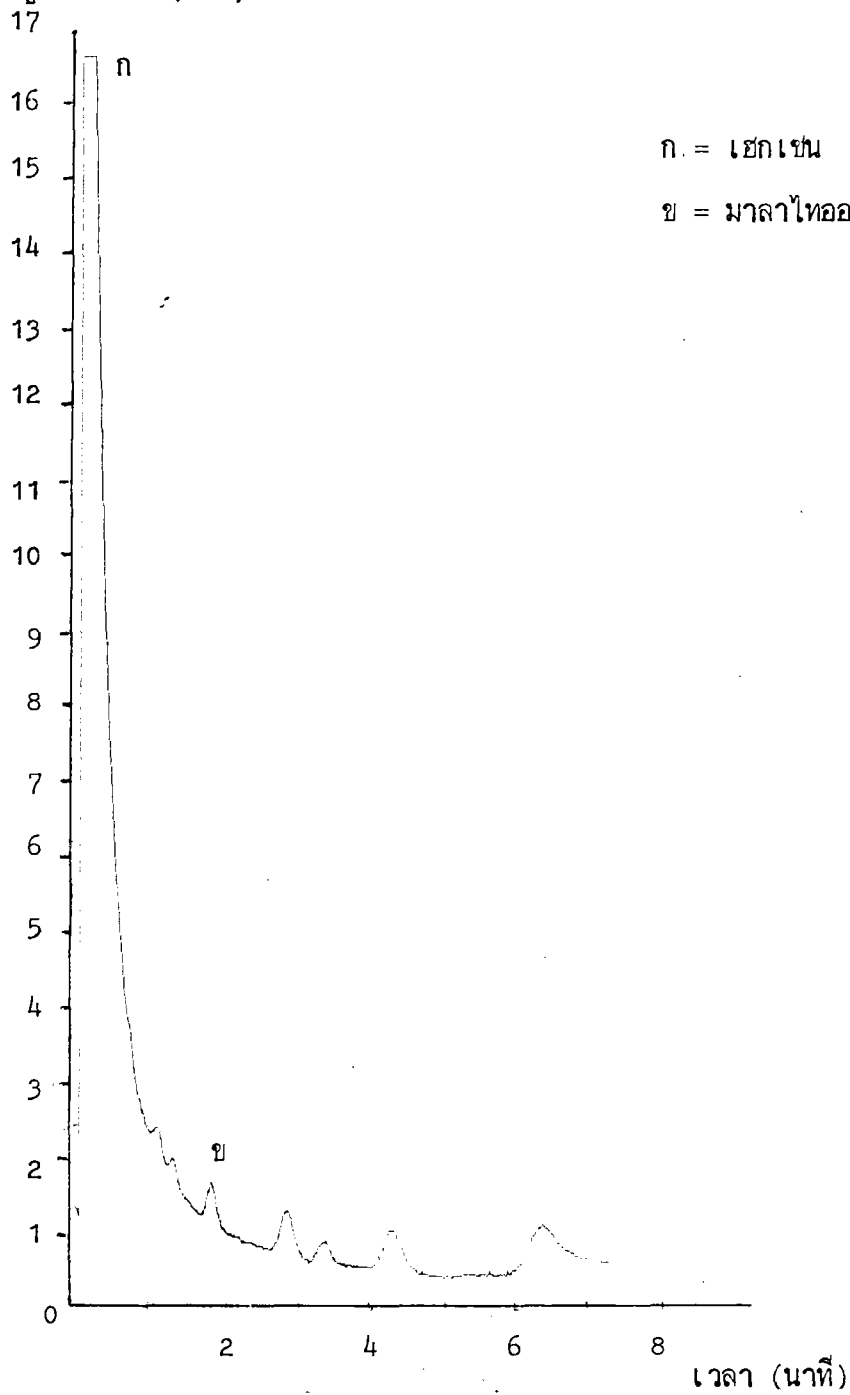
ภาพประกอบ 13 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิกวิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุมีพิษในน้ำผึ้ง  
จากสวนลำไย<sup>3</sup>

ความสูงของพีค (ขม.)

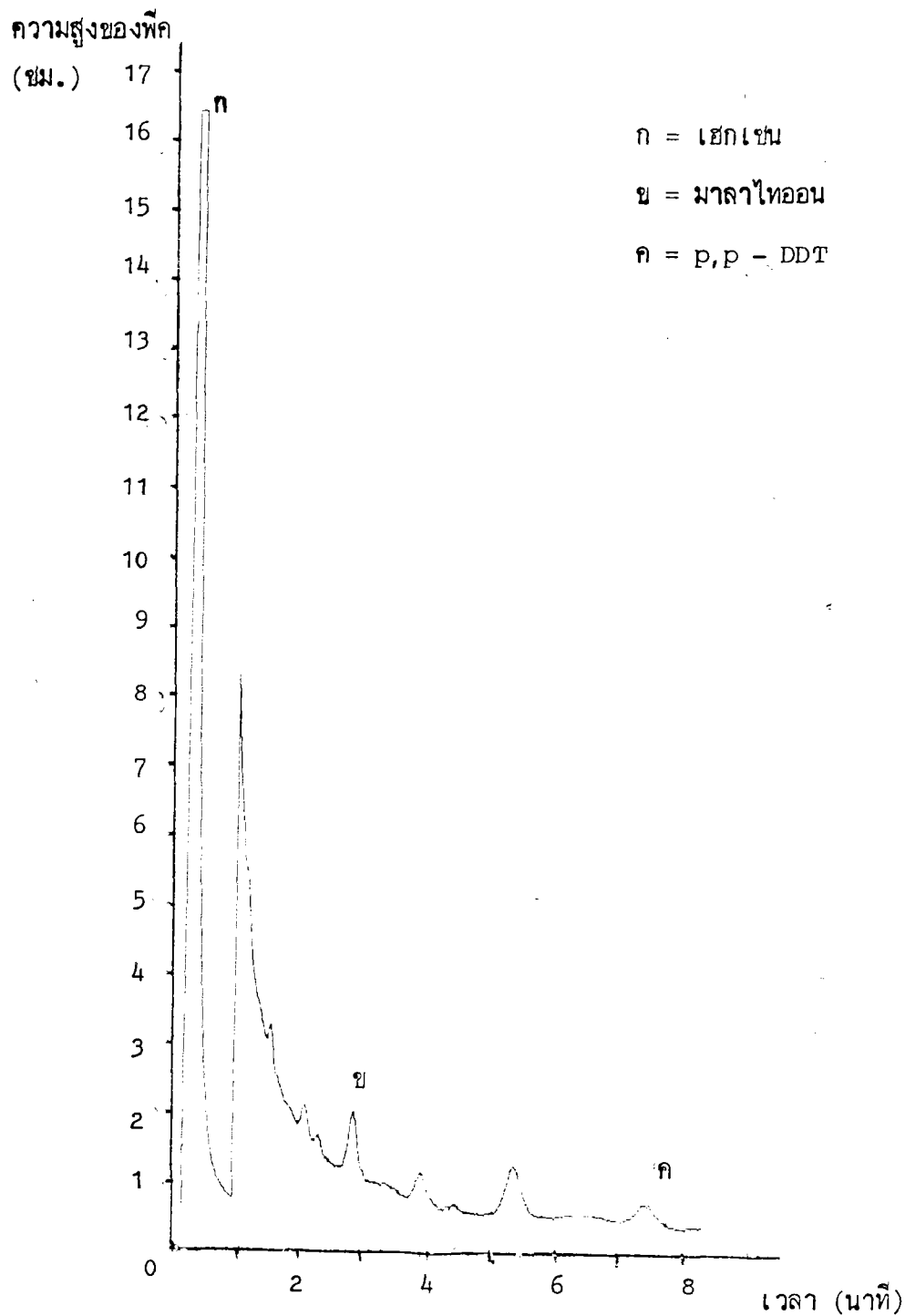


ภาพประกอบ 14 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุที่มีพิษในน้ำผึ้ง  
จากสวนส้มจี<sup>5</sup>

ความสูงของพีค (ซม.)



ภาพประกอบ 15 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุมีพิษในน้ำผึ้ง  
จากสวนทุเรียน



ภาพประกอบ 16 แสดงพีคที่วิเคราะห์ด้วยแก๊ส - ลิกวิดโครมาโทกราฟี ของวัตถุมีพิษในน้ำผึ้ง  
จากสวนส้ม

ตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบในน้ำผึ้งกับค่า residue tolerance\*

| ส่วนพรรณไม้ | ชนิดของวัตถุมีพิษ | ปริมาณของวัตถุมีพิษ<br>ที่ตรวจพบ (ppm) | residue tolerance<br>(ppm) |
|-------------|-------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| ลำไย        | มาลาไธออน         | 12.60 - 19.00                          | 8                          |
|             | เมทิลพาราไธออน    | 1.63                                   | 1                          |
|             | p,p-DDT           | 1.88 - 7.37                            | 0.01                       |
| สาบเสือ     | เฮปตาคลอร์        | **                                     | 0.02                       |
| นุ่น        | มาลาไธออน         | **                                     | 8                          |
|             | o,p-DDT           | **                                     | 0.01                       |
|             | เฮปตาคลอร์        | **                                     | 0.02                       |
| ลิ้นจี่     | มาลาไธออน         | 1.88                                   | 8                          |
|             | p,p-DDT           | 1.30                                   | 0.01                       |
| ทุเรียน     | มาลาไธออน         | 14.24                                  | 8                          |
| ส้ม         | มาลาไธออน         | 6.53                                   | 8                          |
|             | p,p-DDT           | 1.78                                   | 0.01                       |

\* residue tolerance เป็นปริมาณสูงสุดของวัตถุมีพิษที่อาจยอมให้ตกค้างอยู่ในน้ำผึ้งได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ค่าเหล่านี้ได้จาก United states Department of Agriculture (U.S.D.A.) ซึ่งเป็นผู้กำหนดปริมาณสูงสุดของวัตถุมีพิษที่อาจยอมให้ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ข้าว ผัก ผลไม้ สำหรับค่า residue tolerance ของ o,p-DDT, p,p-DDT และ เฮปตาคลอร์ เป็นปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (White and Dekker. 1971 : 448)

\*\* แสดงปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบน้อยมากไม่สามารถวัดได้

จากตาราง 8 จะเห็นว่าปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้งเหล่านี้มีปริมาณแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า residue tolerance พบว่า มาลาไธออน เมทิลพาราไธออน และ p,p-DDT ที่ตกค้างในน้ำผึ้งที่ได้จากสวนลำไย ทุเรียน และส้ม มีค่าสูงกว่าของ residue tolerance ส่วน o,p-DDT และเฮปตาคลอรีนพบในปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้ง
2. เพื่อตรวจสอบความเป็นกรดเบสของน้ำผึ้ง
3. เพื่อตรวจหาปริมาณวัตถุมีพิษชนิดคลอรีเนตเตคไฮโดรคาร์บอนและออร์แกนโนฟอสเฟตบางชนิดที่ตกค้างในน้ำผึ้ง
4. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของวัตถุมีพิษดังกล่าวในข้อ 3 ที่ตกค้างในน้ำผึ้งชนิดต่าง ๆ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาองค์ประกอบบางชนิดของน้ำผึ้งได้แก่ น้ำตาลรีควิง ซูโครส ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัล ความชื้น
2. วัตถุมีพิษชนิดคลอรีเนตเตคไฮโดรคาร์บอนที่ศึกษาได้แก่ คีตีที เฮปตาคลอร์ และวัตถุมีพิษชนิดออร์แกนโนฟอสเฟตที่ศึกษาได้แก่ มาลาไทออน ไดอะซินอน อะโซคริน และเมทิลพาราไทออน
3. เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของวัตถุมีพิษคือ แก๊ส - ลิควิดโครมาโทกราฟี ซึ่งใช้เครื่อง Varain Model 3700 gas - chromatography คอลัมน์ชนิด 1.5% OV - 17, 1.95% OV - 210 และคีเทคเตอร์ชนิดเฟลมไอออนไนเซชัน
4. ศึกษาเฉพาะน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ประเภทต่าง ๆ รวม 18 ตัวอย่าง ดังแสดงในตาราง 1

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างน้ำผึ้งจากสวนพรรณไม้ต่าง ๆ
2. หาปริมาณน้ำตาลรีควิงในน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีของ AOAC. 1980

3. หาปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีของ AOAC. 1980
4. หาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเพอร์ฟอรอล โดยใช้วิธีของ มอก 470 - 2526
5. หาความเป็นกรดเบสของสารละลายน้ำผึ้ง โดยใช้พีเอชมิเตอร์
6. หาความชื้นของน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีของ AOAC. 1980
7. หาชนิดและปริมาณของวิตามินที่ตกค้างในน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีของ AOAC. 1980

### สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. น้ำผึ้งที่นำมาวิเคราะห์หามีปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซิงอยู่ระหว่าง 64 - 69.70 โดยน้ำผึ้งจากสวนลั่นจี่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมากที่สุดคือร้อยละ 69.70 และน้ำผึ้งจากสวนมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงน้อยที่สุดคือร้อยละ 64.08
2. ปริมาณน้ำในน้ำผึ้งอยู่ระหว่างร้อยละ 15 - 21.4 โดยน้ำผึ้งจากสาบเสือ มีปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือร้อยละ 15.2 และน้ำผึ้งจากสวนลั่นจี่มีปริมาณน้ำมากที่สุดคือร้อยละ 21.4
3. พีเอชของน้ำผึ้งอยู่ในช่วง 3.85 - 6.65 โดยน้ำผึ้งจากสวนเงาะมีพีเอชสูงสุด คือ 6.65 และน้ำผึ้งจากนุ่นมีพีเอชต่ำสุดคือ 3.85
4. ปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเพอร์ฟอรอลในน้ำผึ้งอยู่ระหว่าง 1.92 - 19.20 มก./กก. น้ำผึ้งจากสาบเสือมีปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเพอร์ฟอรอลมากที่สุดคือ 19.20 มก./กก. น้ำผึ้งจากยางพาราและส้มมีปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเพอร์ฟอรอลน้อยที่สุดคือ 1.92 มก./กก.
5. ปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้งอยู่ระหว่างร้อยละ 0.14 - 4.16 โดยน้ำผึ้งจากสวนส้มมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากที่สุดร้อยละ 4.16 และน้ำผึ้งจากนุ่นมีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.14
6. วิตามินที่ตรวจพบในน้ำผึ้งได้แก่ มาลาไทออน เมทิลพาราไทออน เฮปตาคลอร์ p,p - DDT และ o,p - DDT โดยตรวจพบมาลาไทออนในน้ำผึ้งจากสวนลำไย 2 ตัวอย่าง มีปริมาณ 19 และ 12.60 ppm น้ำผึ้งจากนุ่น 1 ตัวอย่างมีปริมาณน้อยมากไม่สามารถวัดได้ น้ำผึ้งจากสวนลั่นจี่ 1 ตัวอย่างมีปริมาณ 1.88 ppm น้ำผึ้งจากสวนทุเรียน 1 ตัวอย่างมีปริมาณ 14.24 ppm และน้ำผึ้งจากสวนส้ม 1 ตัวอย่างมีปริมาณ 6.53 ppm ตรวจพบเมทิลพาราไทออน

ในน้ำฝักจากสวนลำไย 1 ตัวอย่างมีปริมาณ 1.63 ppm ตรวจพบเฮปตาคลอร์ในน้ำฝักจากสวนเสื่อ และนุ่นชนิดละ 1 ตัวอย่างมีปริมาณน้อยมากไม่สามารถวัดได้ ตรวจพบ p,p - DDT ในน้ำฝักจากสวนลำไย 2 ตัวอย่างมีปริมาณ 1.88 และ 7.37 ppm น้ำฝักจากสวนส้ม 1 ตัวอย่างมีปริมาณ 1.78 ppm และตรวจพบ o,p - DDT ในน้ำฝักจากนุ่น 1 ตัวอย่างมีปริมาณน้อยมากไม่สามารถวัดได้ จากผลการวิเคราะห์หาคะดุมพิษในน้ำฝักพบว่ามาลาไธออนเป็นสารพิษตกค้างที่มักพบในตัวอย่างน้ำฝักจากสวนพรรณไม้ส่วนใหญ่

### อภิปรายผล

น้ำฝักทั้ง 18 ตัวอย่างมีองค์ประกอบและคุณภาพให้มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก - 470 - 2526) ยกเว้นน้ำฝักจากสวนมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลรีควิงน้อยกว่าร้อยละ 65 คือ มีเพียงร้อยละ 64.08 และน้ำฝักจากสวนลิ้นจี่มีปริมาณน้ำมากกว่าร้อยละ 21 คือมีน้ำร้อยละ 21.40

สำหรับองค์ประกอบที่บอกให้ทราบถึงคุณภาพและความสะอาดของน้ำฝักคือ ปริมาณของซูโครสและไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราล ถ้าน้ำฝักมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าร้อยละ 5 น้ำฝักนั้นอาจมีการปลอมปน โดยผู้ผลิตผสมน้ำเชื่อมลงในน้ำฝัก ทำให้น้ำฝักมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าปกติ ส่วนปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราลถ้าตรวจพบในปริมาณมากก็แสดงว่าน้ำฝักนั้นเป็นน้ำฝักที่เก็บไว้นานหรือเป็นน้ำฝักที่ไม่สะอาด เนื่องจากมีแบคทีเรียเจือปน ซึ่งแบคทีเรียจะทำให้เกิดการคั่งในน้ำฝัก กรดที่เกิดขึ้นจะไปทำปฏิกิริยากับน้ำตาลในน้ำฝักได้ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราล การที่มีแบคทีเรียในน้ำฝักก็มีสาเหตุมาจาก วิธีการเก็บน้ำฝัก ความสะอาดของภาชนะที่ใช้เก็บน้ำฝัก เป็นต้น ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราลอาจเกิดจากการที่ผู้ผลิตนำน้ำฝักไปให้ความร้อนเพื่อระเหยออกจากน้ำฝัก ทำให้ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับน้ำตาลในน้ำฝักเกิดขึ้นได้ น้ำฝักที่มีปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราลมากจะมีสีเข้มกว่าน้ำฝักที่มีไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราลน้อย

สำหรับการหาปริมาณวัตถุพิษที่ตกค้างในน้ำฝัก จากน้ำฝักทั้งหมด 10 ชนิด พบว่าน้ำฝัก 6 ชนิดมีวัตถุพิษตกค้างอยู่ น้ำฝักที่มีวัตถุพิษตกค้างอยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้แก่ น้ำฝักจากสวนลำไย ลิ้นจี่ ทุเรียน และส้ม ส่วนน้ำฝักอีก 2 ชนิดคือน้ำฝักจากสวนเสื่อและนุ่นมีวัตถุพิษตกค้างอยู่เล็กน้อย

วิธีการที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำผิและ  
การหาวัฏมีพิษที่ตกค้างในน้ำผิได้

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการวิจัยวัฏมีพิษทุกประเภทที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง  
ต่อไปและรายงานผลเป็นช่วง ๆ เพื่อให้ทุกฝ่ายรับทราบและสามารถช่วยกันป้องกันไม่ให้ปริมาณ  
วัฏมีพิษตกค้างสูงเกินไป จนเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
2. น้ำผิทุกชนิดที่ผลิตได้ในประเทศไทยควรจะมีการตรวจสอบคุณภาพ ความสะอาด  
และหาวัฏมีพิษตกค้าง ก่อนที่จะนำออกจำหน่ายหรือส่งเป็นสินค้าออก
3. การที่ได้ตรวจพบวัฏมีพิษตกค้างในน้ำผิในปริมาณสูงย่อมแสดงถึงความปลอดภัย  
ในการบริโภคน้ำผิ ดังนั้นในการผลิตน้ำผิผู้ผลิตควรเพิ่มความรับผิดชอบในเรื่องของวัฏมีพิษ  
โดยต้องศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัฏมีพิษต่าง ๆ ควรเว้นระยะในการปล่อยผิหลังจากมีการฉีดหรือ  
พ่นวัฏมีพิษ ไม่ควรฉีดพ่นวัฏมีพิษในขณะที่ปล่อยผิออกไปเก็บน้ำหวาน ก็จะแก้ปัญหาวัฏมีพิษตกค้าง  
ในน้ำผิได้
4. น้ำผิที่จะออกจำหน่ายควรผ่านการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัฏมีพิษที่ตกค้าง  
และควรมีเครื่องหมายรับรองจากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงสาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์  
การแพทย์ เป็นต้น
5. เครื่องแก๊ส - โครมาโทกราฟี เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาชนิด  
และปริมาณของวัฏมีพิษ ซึ่งสามารถตรวจหาสารที่มีปริมาณเป็นล้านหรือพันล้านส่วนได้ ดังนั้น  
เพื่อไม่ให้การวิเคราะห์ผิดพลาด การเตรียมสารตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์จึงมีความสำคัญ อุปกรณ์  
ที่ใช้ในการวิเคราะห์วัฏมีพิษต้องสะอาด และรีเอเจนต์ที่ใช้ต้องเป็นรีเอเจนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์  
วัฏมีพิษโดยเฉพาะ
6. เฟลมไอออนไนเซชันดีเทคเตอร์ สามารถตรวจสอบวัฏมีพิษได้หลายชนิด แต่ความไว  
ของดีเทคเตอร์ยังไม่สูงพอ ไม่สามารถตรวจสอบวัฏมีพิษที่มีปริมาณน้อยมาก ๆ ได้ เช่น เมทิลพาราไทออน  
ต้องใช้เวลาถึง 10 นาโนกรัมจึงจะตรวจสอบได้ ดังนั้นหากมีการวิจัยเกี่ยวกับวัฏมีพิษอีก ควรเลือกดีเทคเตอร์  
ที่มีความไวและความจำเพาะสูงกวานี้

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

กระทรวงอุตสาหกรรม "การหาปริมาณไซโครอกซิเมทิลเฟอร์ฟูราล" มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก มอก 407 - 2526

\_\_\_\_\_ "น้ำผึ้ง" มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 407 - 2526

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ "ปัญหาความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อการเลี้ยงผึ้งพันธุ์" การประชุม

สัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ในจังหวัดจันทบุรี 5 - 7 มีนาคม 2527, 8 หน้า

\_\_\_\_\_ "ประวัติของผึ้งกับมนุษย์" การประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องการเลี้ยงผึ้งพันธุ์ใน

จังหวัดจันทบุรี 5 - 7 มีนาคม 2527, 2 หน้า

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และเพ็ญศรี ตั้งคณะสิงห์ "ความสำคัญและประวัติชีววิทยาของผึ้ง" ชีววิทยาของผึ้ง

ฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2529, 1 - 5 หน้า

เสนอ บุณยวงศ์ "แนวทางพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้ง" การสัมมนาเชิงวิชาการ การพัฒนา

อุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งในประเทศไทย นครปฐม 2528

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ "ยาฆ่าแมลงในอาหาร" วารสารของกรมวิทยาศาสตร์ 15(1 - 2)

2516, 7 - 13 หน้า

Anderson L.D. and T.O. Tuft. "Toxicity of Several Insecticides Honey Bee," Journal of Economic Entomology. 45(3) : 466 - 469, 1952.

Coreliussen P.E. "Pesticide and Industrial Chemical Residue," AOAC.  
Washington DC., 533 - 547, 1980.

Dadant C.C. "The hive and the honey bee," Journal of Printing Company  
Carthage. Illinois, 45 - 73, 1975.

Noller C.R. "Action of mineral acid," Chemistry of Organic-Compound.  
3rd edition Stanford University, 406 - 407, 1965.

\_\_\_\_\_ "Oxidation by cupricion in alkaline solution," Chemistry of  
Organic Compound. 3rd edition Stanford Stanford University, 392 - 393,  
1965.

Sabatini A.C. and G. Savigni. "Study of residues of chloroganic and  
phosphorganic phytodrugs in sample of honey product in Enilia Romagana,"  
Riv. Sci. Tecnol. Alimenti. Nurt. 167 - 170, 1976.

U.S.D.A. "residue tolerance," United states Department of Agriculture.  
1967.

Wassell J.R. "Collaborative study of method for multiple organophosphorus  
pesticide residues in nonfatty foods," Journal of AOAC. 50(2) :  
430 - 439, 1967.

White R. and S.M. Dekker. "Pesticide in the environment," volume 1, INC.  
New York, 448, 1971.

Williams H.E. "Chlorinated hydrocarbon insecticide residues in tennessel  
honey and bee wax," Bull. Environ. contam. toxico. 17(2) : 168 - 174,  
1977.

ภาคผนวก

การเตรียมรีเอเจนต์ สารตัวอย่างและวิธีการคำนวณ

## 1. การหาละยละลายของน้ำตาลรีตีวซิง

### ก. การเตรียมรีเอเจนต์และสารตัวอย่าง

1. สารละลายเพห์ลิง เอ ซึ่งคอปเปอร์ซัลเฟต 34.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงแล้วกรอง
2. สารละลายเพห์ลิง บี ซึ่งโพแตสเซียมโซเดียมคาร์เตรท 175 กรัม และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง แล้วกรอง
3. สารละลายเจือจางของน้ำผึ้ง ซึ่งน้ำผึ้ง 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วบีบเปิดมา 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ซึ่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. สารละลายเมทิลีนบลูเข้มข้นร้อยละ 1 ซึ่งเมทิลีนบลู 0.1 กรัม ละลายใน เอทิลแอลกอฮอล์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ต ซึ่งซูโครส 0.5 กรัมละลายในน้ำกลั่น 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

### ข. การคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีตีวซิง

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ตที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเพห์ลิง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาณสารละลายน้ำตาลอินเวิร์ตที่ใช้ในการไทเตรต = B ซม<sup>3</sup>

แสดงว่าสารละลายเพห์ลิ่ง 10 ซม<sup>3</sup> ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายน้ำตาลอินเวิร์ต = B ซม<sup>3</sup>

สารละลายน้ำตาลอินเวิร์ต 100 ซม<sup>3</sup> มีซูโครส = 0.5000 กรัม

สารละลายน้ำตาลอินเวิร์ต B ซม<sup>3</sup> มีซูโครส =  $\frac{0.5000 \times B}{100}$  กรัม

แต่ซูโครส 342.296 กรัมเกิดจากโมโนแซคคาไรด์ = 360.312 กรัม

เพราะฉะนั้นซูโครส  $\frac{0.5000 \times B}{100}$  กรัมเกิดจากโมโนแซคคาไรด์

$$= \frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \text{ กรัม}$$

ดังนั้นปริมาณของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเพห์ลิ่ง 10 ซม<sup>3</sup> เท่ากับ

$$\frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \text{ กรัม}$$

## 2. การคำนวณหาร้อยละของน้ำตาลรีดิวซิงในน้ำผึ้ง

สารละลายเจือจางของน้ำผึ้งที่ใช้ในการไทเตรต A ซม<sup>3</sup>

สารละลายเจือจางของน้ำผึ้ง A ซม<sup>3</sup> ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเพห์ลิ่ง = 10 ซม<sup>3</sup>

เพราะฉะนั้นสารละลายเจือจางของน้ำผึ้ง A ซม<sup>3</sup> มีน้ำตาลรีดิวซิง =  $\frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100}$  กรัม

สารละลายเจือจางของน้ำผึ้ง 100 ซม<sup>3</sup> มีน้ำตาลรีดิวซิง =  $\frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \times \frac{100}{A}$  กรัม

สารละลายเจือจางของน้ำผึ้ง 100 ซม<sup>3</sup> เตรียมจากสารละลายน้ำผึ้ง 50 ซม<sup>3</sup>

สารละลายน้ำผึ้ง 50 ซม<sup>3</sup> มีน้ำตาลรีดิวซิง =  $\frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \times \frac{100}{A}$  กรัม

$$\text{สารละลายน้ำผึ้ง } 200 \text{ ซม}^3 \text{ มีน้ำตาลรีควิง} = \frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \times \frac{100}{A} \times \frac{200}{50} \text{ กรัม}$$

สารละลายน้ำผึ้ง 200 ซม<sup>3</sup> เตรียมจากน้ำผึ้ง 2 กรัม

$$\text{น้ำผึ้ง 2 กรัมมีน้ำตาลรีควิง} = \frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \times \frac{100}{A} \times \frac{200}{50} \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำผึ้ง 100 กรัมมีน้ำตาลรีควิง} = \frac{360.312}{342.296} \times \frac{0.5000 \times B}{100} \times \frac{100}{A} \times \frac{200}{50} \times \frac{100}{2} \text{ กรัม}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นร้อยละของน้ำตาลรีควิงในน้ำผึ้ง} = \frac{360.312 \times 0.5000 \times B \times 200}{342.296 \times A}$$

2. การเตรียมสารละลายน้ำผึ้งที่ผ่านการไฮโดรลิซิสแล้ว ซึ่งน้ำผึ้ง 2 กรัมละลายในน้ำกลั่น

10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดปริมาตร ปิเปตสารละลายนำมา 50

ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดปริมาตร

3. การคำนวณหาร้อยละของน้ำตาลซูโครสในน้ำผึ้ง

ก. คำนวณหาร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตที่มีอยู่จริงในน้ำผึ้ง วิธีคำนวณเหมือนข้อ 1 ข.

สมมติได้ร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตที่มีอยู่จริงในน้ำผึ้งเท่ากับ P

ข. คำนวณหาร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตหลังจากไฮโดรลิซิสน้ำผึ้ง วิธีคำนวณเหมือนข้อ 1 ข.

สมมติได้ร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตเท่ากับ Q

ค. ร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตในข้อ ข. ลบด้วยร้อยละของน้ำตาลอินเวอร์ตในข้อ ก. สมมติได้เท่ากับ R ค่า R ก็คือปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ตที่ได้จากการไฮโดรลิซิสน้ำผึ้ง

$$R = (Q - P)$$

ง. คำนวณหาร้อยละของน้ำตาลซูโครส

จากค่า R แสดงว่ามีน้ำตาลอินเวิร์ตเพิ่มขึ้น R กรัมต่อน้ำผึ้ง 100 กรัม

น้ำตาลอินเวิร์ต 360.312 กรัมได้จากการไฮโดรลิซิสซูโครส = 342.296 กรัม

น้ำตาลอินเวิร์ต R กรัมได้จากการไฮโดรลิซิสซูโครส =  $\frac{342.296 \times R}{360.312}$  กรัม

เพราะฉะนั้นร้อยละของน้ำตาลซูโครส =  $\frac{342.296 \times R}{360.312}$

4. การหาปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราล

ก. การเตรียมรีเอเจนต์และสารตัวอย่าง

1. สารละลายกรดคาร์บอนิก ซึ่งกรดคาร์บอนิก 0.5 กรัมใส่ในปิเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่น 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปตั้งบนอ่างน้ำเพื่อจนกระทั่งละลายหมด แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. สารละลายพารา-โทลูอีน ซึ่งพารา-โทลูอีน 10 กรัม ละลายในโพรพานอล 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปตั้งบนอ่างน้ำเพื่อจนละลายหมด แล้วเติมกรดกลูเซอซิดิก 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยใช้โพรพานอล

3. สารละลายน้ำผึ้ง ซึ่งน้ำผึ้ง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. การคำนวณหาปริมาณของไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูราลโดยใช้สูตร

$$H.M.F. (mg / kg) = (A_1 - A_0) \quad (AOAC. 1980 : 506 - 526)$$

5. การคำนวณหาปริมาณวัตถุพิษ

ก. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอรี นำพืชที่ได้จากการทำรีคัพเวอรีมาหาปริมาณวัตถุพิษ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน สมมติได้ปริมาณวัตถุพิษเท่ากับ D ไมโครกรัม

$$\text{วัตถุมีพิษมีอยู่จริง 1 ไมโครกรัมตรวจสอบ} = D \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{วัตถุมีพิษมีอยู่จริง 100 ไมโครกรัมตรวจสอบ} = \frac{D \times 100}{1} \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอรี} = \frac{D \times 100}{1}$$

ข. การคำนวณหาปริมาณวัตถุมีพิษที่ได้เป็นหน่วย ppm (ไมโครกรัม/กรัม) สารตัวอย่าง 25 กรัม เมื่อผ่านขั้นตอนการต่าง ๆ แล้ว ปรับปริมาตรเป็น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุมีพิษ สมมติได้พื้นที่ที่คี่เท่ากับ E ตารางเซนติเมตร เมื่อเทียบจากกราฟมาตรฐานได้ปริมาณวัตถุมีพิษเท่ากับ F ไมโครกรัม

#### ตัวอย่างสารละลาย

$$\text{ในสารละลายตัวอย่าง } 0.001 \text{ ซม}^3 \text{ (1 ไมโครลิตร) มีวัตถุมีพิษ} = F \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{ในสารละลายตัวอย่าง 5 ซม}^3 \text{ มีวัตถุมีพิษ} = \frac{F \times 5}{0.001} \quad \text{ไมโครกรัม}$$

จากการหาเปอร์เซ็นต์รีคัพเวอรีจะได้ว่า

$$\text{วัตถุมีพิษที่ตรวจสอบ } \frac{D \times 100}{1} \text{ ไมโครกรัมจะมีวัตถุมีพิษอยู่จริง} = 100 \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{วัตถุมีพิษที่ตรวจสอบ } \frac{F \times 5}{0.001} \text{ ไมโครกรัมจะมีวัตถุมีพิษอยู่จริง} = \frac{F \times 5 \times 100}{D \times 100 \times 0.001} \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นสารตัวอย่าง 25 กรัมมีวัตถุมีพิษ} = \frac{F \times 5}{D \times 0.001} \quad \text{ไมโครกรัม}$$

$$\text{ในสารตัวอย่าง 1 กรัมมีวัตถุมีพิษ} = \frac{F \times 5}{D \times 0.001 \times 25} \quad \text{ไมโครกรัม (ppm)}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณขององค์ประกอบบางชนิดและวัฏภูมิพิษ  
ที่ตกค้างในน้ำผึ้งที่ได้จากสวนพรรณไม้ต่างชนิดกัน

บทคัดย่อ  
ของ  
สมเกียรติ พิกุลแก้ว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
กุมภาพันธ์ 2531

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำผึ้งในประเทศไทยได้แพร่หลายมากขึ้น ซึ่งนับเป็นอุตสาหกรรม การเกษตรที่ทำรายได้สูงประเภทหนึ่ง น้ำผึ้งที่ผลิตจากสวนพรรณไม้ต่างชนิดกันพบว่าคุณภาพและ องค์ประกอบเคมีแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบเคมีในน้ำหวานจากดอกไม้แต่ละชนิดไม่ เหมือนกัน ในการศึกษานี้ได้พยายามวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีบางอย่าง จากตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผลิตจากสวนพรรณไม้ต่างชนิดกัน ซึ่งพบว่า ความเป็นกรดเบส ความชื้น น้ำตาลรีควิง ซูโครส และไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูราล อยู่ในช่วง 3.85 - 6.65, 15 - 21.40%, 64 - 69.70%, 0.14 - 4.16% และ 1.92 - 19.20 มก./กก. ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของวัตถุพิษที่ตกค้างในน้ำผึ้งโดยใช้แก๊สลิควิดโครมาโทกราฟีที่มี เฟลมไอออไนซ์เซนส์ดีเทคเตอร์ ผลปรากฏว่าพบ มาลาไธออน เมทิลพาราไธออน และ p,p - DDT ในน้ำผึ้งบางชนิดสูงกว่าค่า residue tolerance

QUANTITATIVE ANALYSIS OF SOME COMPOSITIONS AND PESTICIDE RESIDUES  
IN HONEY FROM DIFFERENT FLORA

AN ABSTRACT

BY

SOMKIAT PIKULKAE0

Presented in partial fulfillment of the requirements  
for the Master of Education degree  
at Srinakharinwirot University  
February 1988

Thai honey becomes highly appreciated as one of the major income source in agricultural industry. The honey has been produced from different flora which appeared to be different in some properties and compositions according to the variation of the nectar sources. This research was conducted by some of the physical properties and chemical compositions of 18 honey samples produced from different flora. It was found that pH, moisture content, reducing sugar, sucrose and hydroxymethylfurfural were in the ranges of 3.85 - 6.65, 15 - 21.40%, 64 - 69.70%, 0.14 - 4.16% and 1.92 - 19.20 mg/kg respectively.

Quantitative analysis of the amount of pesticide residues in the 18 honey samples produced from different flora has been done by method of gas - liquid chromatography with the flame ionization detector. It was found that the residues of malathion 0 - 19.00 ppm, methyl parathion 1.63 ppm and p,p - DDT 1.30 - 7.73 ppm in the honey sample higher than residue tolerance.