



ปัญหาพิเศษ เรื่อง

การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทม
เป็นเมธานอลในน้ำตาลเทียม.
Effect of temperature and time on Aspartame change methanol in sweet

โดย

นางสาววราภรณ์ โหมดวิจิตร

ปีการศึกษา 2543

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สพ.

๗๓๒/ก

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

เลขหมู่..... 2543

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

เลขทะเบียน..... 40306

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วัน, เดือน, ปี..... 11 ก.ย. 2544

b. 11104193
i.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

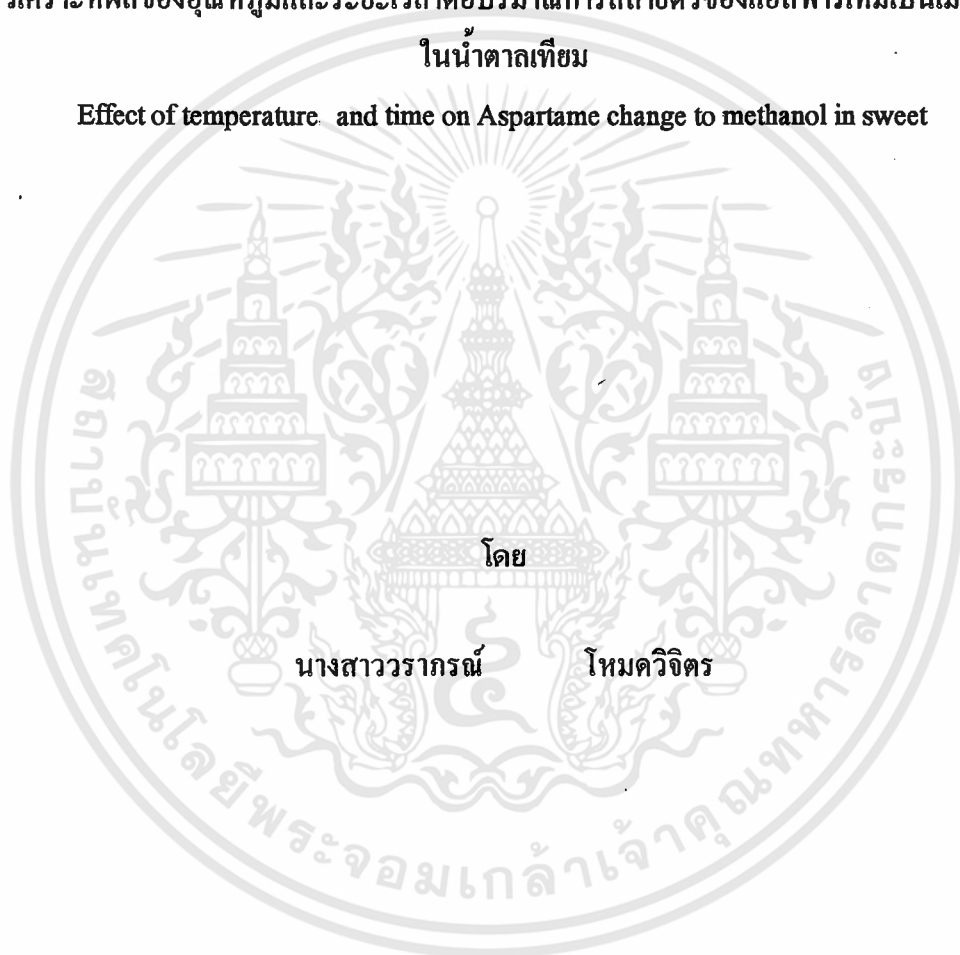
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณการสลายตัวของแอสปาร์เทมเป็นเมธานอล
ในน้ำตาลเทียม

Effect of temperature and time on Aspartame change to methanol in sweet



โดย

นางสาววราภรณ์

โหมควิจิตร

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2543

ชื่อเรื่อง	การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทมเป็นเมธานอลในน้ำตาลเทียม	
	Effect of temperature and time on Aspartame change to methanol in sweet	
ชื่อ-สกุล	นางสาววรรณา โหมควิจิตร	
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร	
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	ภาควิชา ครุศาสตร์เกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.จินตนา บุณนาค	

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาวิจัยผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอลในน้ำตาลเทียม โดยเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่น้ำตาลแอสพาร์เทมละลายตัวอย่างในตัวทำละลายที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ นั้นว่ามีผลต่อการสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอล และได้เปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทม 2 วิธี คือ เก็บรักษาในซองปิดผนึกมิดชิดไม่ให้สัมผัสกับอากาศ กับวิธีเก็บโดยให้น้ำตาลแอสพาร์เทมสัมผัสกับอากาศ เป็นเวลา 7 วัน ได้ทำการศึกษาในน้ำตาลแอสพาร์เทม ที่ขายอยู่ตามท้องตลาด 2 บริษัทพบว่า การเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทม โดยให้สัมผัสกับอากาศ มีปริมาณเมธานอลที่เกิดขึ้นมากกว่าการเก็บรักษา ในซองปิดมิดชิด ส่วนการเปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวทำละลาย พบว่า เมื่ออุณหภูมิของตัวทำละลายสูงขึ้น แอสพาร์เทมจะสลายตัวให้ปริมาณเมธานอลมากขึ้นด้วย และ การเปรียบเทียบระยะเวลาในการละลาย พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นแอสพาร์เทมก็จะสลายตัวได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในระดับอุณหภูมิห้อง (ต่ำกว่า 50°C) ที่เก็บรักษาแอสพาร์เทมพบปริมาณเมธานอลต่ำกว่ามาตรฐานที่ทำให้เกิดอันตรายได้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับความช่วยเหลืออนุเคราะห์จากหลาย ๆ ฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ดร. จินตนา บุนนาค ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ ดร. วิมลศิริ พรทวีวัฒนา ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่กรุณาช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์วินัย อวงพิพัฒน์ และ อาจารย์สาธิต เกื่อนวงศ์ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ที่ได้ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้เครื่องโครมาโทกราฟี

ขอขอบคุณแผนกวิชาเคมีปฏิบัติการ คณะวิชาเทคนิคเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านและเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายของแผนกวิชาเคมีปฏิบัติการ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

วรารักษ์ โหมควิจิตร

มีนาคม 2544

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก	ก
กิตติกรรมประกาศ.....ข	ข
สารบัญ.....ค	ค
สารบัญตาราง.....ง	ง
สารบัญภาพ.....จ	จ
บทที่.....1	1
1 บทนำ.....1	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1	1
1.2 วัตถุประสงค์.....1	1
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....2	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2	2
2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....3	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3	3
2.1.1 แอสฟาร์เทม.....3	3
2.1.2 เมธานอล.....5	5
2.1.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....9	9
3 อุปกรณ์และวิธีการ.....20	20
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....20	20
3.2 วิธีการ.....21	21
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....23	23
3.4 สถานที่ทำการวิจัย.....24	24
3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....24	24
4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....25	25
4.1 ผลการวิจัย.....25	25
4.2 วิจารณ์ผล.....30	30
5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....32	32
5.1 สรุป.....32	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ.....	33
บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก ก.....	35
ภาคผนวก ข.....	36



สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	สูตรโครงสร้างของแอสพาร์เทม.....	3
2	สมการแสดงการสลายตัวของแอสพาร์เทม ไปเป็นเมธานอล.....	7
3	ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	9
4	Van Deemter plot.....	11
5	การฉีดแก๊สตัวอย่างโดยใช้ gas sampling valve.....	12
6	ลักษณะของ flash vaporizer port.....	13
7	flash vaporizer.....	13
8	flame ionization detector [FED].....	18
9	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่เก็บรักษาในสภาพปิด	25
10	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมพิตเน่ที่เก็บรักษาในสภาพปิด	26
11	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่เก็บรักษาในสภาพเปิด	27
12	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมพิตเน่ที่เก็บรักษาในสภาพเปิด	28
13	เครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟียี่ห้อ shimadzu รุ่น GC9A.....	35
14	เครื่องมือบันทึก Tecordor รุ่น GC-R 3A.....	35
15	สารตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	36
16	โครมาโทแกรมของสารตัวอย่างที่ใช้สารมาตรฐานเมธานอลเข้มข้น 220.7576 ppm.....	36
17	โครมาโทแกรมของสารอีควอลในสภาพปิด.....	36
18	โครมาโทแกรมของสารอีควอลในสภาพเปิด.....	37
19	โครมาโทแกรมของพิตเน่ในสภาพปิด.....	37

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เฟสของเหลวที่นิยมใช้บางตัว.....	17
2	แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เตรียมได้.....	21
3	ค่าเวลารีเทนชันของเมธานอล.....	24
4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่เก็บรักษาในสภาพปิด.....	25
5	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมพีคเน่ที่เก็บรักษาในสภาพปิด.....	26
6	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่เก็บรักษาในสภาพเปิด.....	27
7	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลจากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมพีคเน่ที่เก็บรักษาในสภาพเปิด.....	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

แอสพาร์เทมเป็นสารให้ความหวานแบบแคลอรีต่ำตัวแรก ที่ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration, FDA) มากกว่า 25 ปี ได้รับการทดสอบและรับรองโดยคณะกรรมการเกี่ยวกับกฎเกณฑ์มากกว่า 30 ประเทศ และคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญร่วมขององค์การอนามัยโลก (สุคนธ์ พานิชพันธ์, 2527: 1) หลังจากการรับรองในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ.1981 เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บางอย่างและต่อมาในปี ค.ศ.1983 เพื่อใช้ในเครื่องดื่มน้ำอัดลมและน้ำเชื่อมประเภทอัดลม ได้มีข้อโต้แย้งที่ยังไม่ได้พิสูจน์เกี่ยวกับความปลอดภัยของแอสพาร์เทมในการใช้เป็นสารที่เติมลงไปในการขึ้นมามากมาย ข้อโต้แย้งเหล่านี้ได้รับการทบทวนและพิจารณาโดยองค์การอาหารและยา และคณะกรรมการเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ภายในประเทศ และในที่สุดหลังจากการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วไม่พบอันตรายจากแอสพาร์เทมโดยการรับรองขององค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (สุคนธ์ พานิชพันธ์, 2527: 2)

แอสพาร์เทมมีประโยชน์มากในวงการอาหารและยา โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในอาหารให้คนไข้ที่เป็นโรคเบาหวานรับประทาน แต่ถึงกระนั้นโทษของแอสพาร์เทมก็มีไม่น้อย โดยแอสพาร์เทมสามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำ หรือความชื้นเพียงเล็กน้อย จากบรรยากาศที่สลายตัวให้เมธานอล (methanol) ซึ่งเมธานอลเป็นพิษต่อผู้บริโภค

ดังนั้นความสำคัญในการศึกษาการเก็บรักษา และการนำแอสพาร์เทมไปใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคสารทดแทนน้ำตาล โดยปัญหาพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทมระหว่างเก็บในช่องปิดผนึก กับตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี และศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลที่เกิดขึ้นจากการละลายน้ำตาลแอสพาร์เทมในสารละลายที่มีอุณหภูมิและเวลาต่างกัน ของน้ำตาลแอสพาร์เทมจากบริษัทต่างกัน อันจะเป็นประโยชน์ให้ผู้ที่สนใจสามารถได้รับความรู้ และความเข้าใจ เกี่ยวกับการเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทม และการนำน้ำตาลแอสพาร์เทมไปใช้อย่างถูกต้อง โดยไม่เป็นอันตรายในการบริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลแอสพาเทม จากสภาวะแวดล้อมที่เก็บรักษาน้ำตาลแอสพาเทม ระหว่างเก็บในช่องปิดผนึก กับตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี
2. ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลที่เกิดขึ้นจากการละลายน้ำตาลแอสพาเทมในสารละลายที่มีอุณหภูมิและระยะเวลาต่างกันของน้ำตาลแอสพาเทมจากบริษัทต่างๆ โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ทำการศึกษาหาค่าเวลารีเทนชันของเมธานอลในสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เพื่อให้การวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลมีประสิทธิภาพสูงสุด และถูกต้องโดยใช้สารละลายมาตรฐานเมธานอล
2. สุ่มตัวอย่างน้ำตาลเทียมที่มีแอสพาเทมเป็นส่วนผสม โดยสังเกตจากฉลากของผลิตภัณฑ์ โดยซื้อตัวอย่างจากห้างสรรพสินค้า ทำการสุ่มตัวอย่างน้ำตาลเทียมดังกล่าวบริษัทละ 1 กล่อง รวม 2 บริษัท และนำตัวอย่างแต่ละบริษัทไปเก็บในสภาวะที่ต่างกันคือ ส่วนหนึ่งเก็บรักษาไว้ในช่องอย่างเดิม เก็บไว้ในภาชนะปิดมิดชิดไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศ (สภาพปิด) อีกส่วนหนึ่งนำไปเก็บไว้โดยให้น้ำตาลแอสพาเทมสัมผัสกับบรรยากาศโดยตรง (สภาพเปิด) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนทำการทดลอง
3. ตรวจสอบวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลในน้ำตาลแอสพาเทมตัวอย่างโดยนำน้ำตาลแอสพาเทมละลายในตัวทำละลายที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ กัน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี วิธีวิเคราะห์เป็นวิธี Standard Addition
4. เก็บรวบรวมผลการทดลอง และแปลผลที่ได้โดยวิธีทางสถิติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแอสพาเทมให้สลายตัวไปเป็นเมธานอลได้น้อยที่สุด และนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่เกิดอันตราย

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

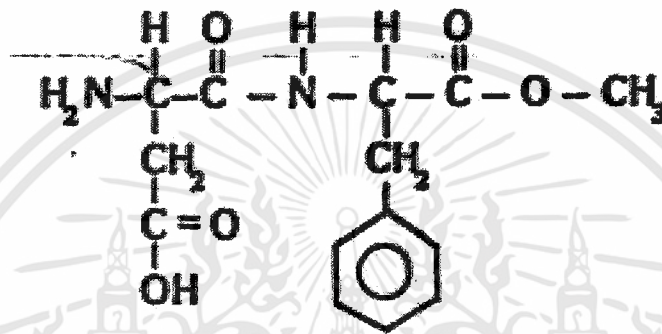
ในสภาพปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาก้าวไกลไปมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดค้นประดิษฐ์วัสดุ หรือสิ่งทดแทนต่างๆขึ้นมาใช้แทนวัสดุธรรมชาติ ซึ่งบางอย่างก็สร้างคุณประโยชน์มากมาย แต่บางอย่างก็สามารถให้อันตรายต่อผู้ใช้ได้เช่นกัน ดังเช่นในกรณีของน้ำตาลได้มีการค้นพบน้ำตาลเทียมขึ้นมาใช้แทนน้ำตาลธรรมชาติ ซึ่งน้ำตาลเทียมเหล่านี้เป็นสารที่ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลธรรมชาติหลายเท่า และที่รู้จักกันโดยทั่วไปก็คือซัคคาริน หรือ ซันทาสกร (Saccharin) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 300-600 เท่า ให้รสขม และมีกลิ่นโลหะ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในปริมาณมาก ยกเว้นในสภาพที่มีความเป็นกรด เช่นในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง นอกจากซัคคารินแล้วยังมีสารให้ความหวานอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ในหมู่ผู้บริโภคที่เป็นโรคเบาหวาน และโรคอ้วน คือ แอสพาร์เทม (Aspartame) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำโดยให้พลังงาน 4 แคลอรีต่อกรัม ดังนั้นจึงนิยมนำแอสพาร์เทมไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหรือใช้ปรุงอาหารให้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งถ้าหากผู้ปรุงอาหารหรือผู้บริโภคไม่เข้าใจหรือใช้ไม่ถูกวิธีแล้ว แอสพาร์เทมก็จะสามารถให้โทษแก่ผู้บริโภคได้

2.1.1 แอสพาร์เทม

แอสพาร์เทมเป็นสารให้ความหวานแบบแคลอรีต่ำตัวแรกที่ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration, FDA) ของอเมริกาในวันที่ 26 กรกฎาคม ค.ศ. 1974 หลังจากได้รับข้อเสนอจากบริษัท G.D.Searle & CO.

แอสพาร์เทมได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตหรือเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แห่งบางอย่างเช่นในน้ำตาลเทียม และต่อมาในปี ค.ศ. 1983 ได้ถูกนำมาใช้ผสมในเครื่องดื่มน้ำอัดลม และน้ำเชื่อมประเภทอัดลม สำหรับความปลอดภัยของแอสพาร์เทมในการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารนั้น ได้มีข้อโต้แย้งกันมาโดยตลอด ซึ่งข้อโต้แย้งเหล่านี้ได้รับการทบทวนและพิจารณาโดยองค์การอาหารและยา และคณะกรรมการเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ภายในประเทศกว่า 30 ประเทศ จนในที่สุดหลังพิจารณาถ่วงแล้วก็ทำให้ยอมรับโดยการนำมาใช้มากขึ้นเพราะไม่มีหลักฐานพอเพียงที่จะพิสูจน์ถึงอันตรายของแอสพาร์เทมได้ แอสพาร์เทมจึงได้รับอนุญาตให้เป็นส่วนผสมในอาหารได้

แอสปาร์เทมมีชื่อทางการค้าว่า นูทราสวีท (Nutrasweet) มีชื่อทางเคมีว่า N-L- α -Aspartyl-L-phenylalanine-1-methyl ester มีน้ำหนักโมเลกุล 294.31 มีสูตรโมเลกุลว่า $C_{14}H_{18}N_2O_5$ มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1 แอสปาร์เทมเป็นสารสังเคราะห์พวกเมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) ของกรดอะมิโน 2 ตัว คือ กรดแอสปาร์ติก (L-aspartic acid) กับฟีนิลอะลานีน (L-phenylalanine) ซึ่งกรดอะมิโน 2 ตัวนี้ได้จากการย่อยสลายสารอาหารประเภทโปรตีน



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของแอสปาร์เทม

แอสปาร์เทมมีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว สะอาด ไม่มีกลิ่น มีรสหวานคล้ายน้ำตาลซูโครส ไม่รู้สึกขื่นหรือขมลิ้นภายหลังรับประทาน สลายตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิสูงได้ aspartyl phenylalanine (AP) หรือได้ diketopiperazine (DKP) ซึ่ง DKP ทำปฏิกิริยาต่อไปได้ AP และสุดท้ายจะได้กรดแอสปาร์ติก ฟีนิลอะลานีนและเมธานอล ดังแผนภาพที่ 2 แอสปาร์เทมจะละลายน้ำได้ แอลกอฮอล์ แอสปาร์เทมในรูป LL-form เท่านั้นที่แสดงคุณสมบัติเป็นสารให้ความหวาน แต่ในรูป DD-form, DL-form, LD-form ซึ่งไม่แสดงคุณสมบัติแอสปาร์เทมเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำคือ 4 แคลอรีต่อกรัม ให้ความหวานกว่าน้ำตาลซูโครส 180-220 เท่า นอกจากนี้คุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่งคือ แอสปาร์เทมจะช่วยเสริมกลิ่นและรสของอาหารให้ดีขึ้น และเมื่อใช้ร่วมกับน้ำตาลชนิดอื่น เช่น ซูโครส เดกโตรส หรือน้ำตาลเทียมตัวอื่นจะช่วยให้มีรสหวานเพิ่มมากขึ้นกว่าใช้เพียงตัวเดียว

นอกจากนั้น แอสปาร์เทมยังสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็วเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง pH และความชื้นโดยสามารถคงสภาพได้ดีในสภาวะกรดและในสภาวะความชื้นต่ำหรือแห้งมาก ดังนั้นในการใช้แอสปาร์เทมในอาหารจึงมีข้อจำกัดอยู่มากซึ่งหากใช้โดยผิดวิธีหรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์แล้วอันตรายที่จะเกิดขึ้นก็มีมากยิ่งขึ้นไปด้วย

2.1.2 เมธานอล

จากการที่แอสฟาร์เทมเมื่อเก็บในสภาวะที่ชื้นสามารถเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้ จึงควรทราบคุณสมบัติของเมธานอลดังนี้

2.1.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

เมธานอลมีสูตรเคมีเป็น CH_3OH และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 32.04 โดยมีการรับอนเท่ากับ 37.48 % ไฮโดรเจนเท่ากับ 12.58% และออกซิเจนเท่ากับ 49.94% เมธานอลเป็นของเหลวใส ไม่มีสี สามารถติดไฟได้ให้เปลวไฟสีน้ำเงินอ่อน เมธานอลที่ได้จากวัสดุธรรมชาติจะมีกลิ่นฉุนมากแต่ถ้าบริสุทธิ์จะมีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย

เมธานอลมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.7866 จุดหลอมเหลวเท่ากับ -97.8 องศาเซลเซียส ค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.3292 ความหนาแน่นของไอ (vapor density) เท่ากับ 1.11 (อากาศเท่ากับ 1) จุดวาบไฟ (flash point) เท่ากับ 12 องศาเซลเซียส จุดติดไฟเท่ากับ 470 องศาเซลเซียส ระดับที่เกิดการระเบิด (explosive temperature) เท่ากับ 6.0-36.5% ปริมาตรในอากาศ อุณหภูมิวิกฤต เท่ากับ 240.00 องศาเซลเซียส ความดันวิกฤตเท่ากับ 76.5 atm

เมธานอลสามารถละลายได้ในน้ำ เอทานอล อีเทอร์ เบนซีน คีโตน และสารอินทรีย์อื่นๆ เมธานอลมักจะใช้เป็นตัวทำละลายได้ดีกว่าเอทานอลโดยสามารถละลายเกลืออนินทรีย์ได้ เช่น โซเดียมไฮไดรด์ 43 % แคลเซียมคลอไรด์ 22% เป็นต้น

2.1.2.2 แหล่งที่มาของเมธานอล

เมธานอลพบน้อยมากตามธรรมชาติในรูปอิสระ เช่น พบในปริมาณน้อยในน้ำมันระเหยง่าย (essent oil) และของเหลวที่ได้จากการหมัก อย่างไรก็ตามเมธานอลจะมีอยู่ในพืชพวกสารอินทรีย์เชิงซ้อน โดยอาจจะเรียกว่า wood alcohol เราสามารถบ่งลักษณะที่มาของเมธานอลได้ดังนี้

ก. เมธานอลได้มาจากขบวนการกลั่นทำลายไม้ (destructive distillation of wood)

เมธานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการสลายตัวของลิกนินในเนื้อไม้เมื่อถูกความร้อนในการเผาไหม้ในที่อับอากาศที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ไม้จะเริ่มสลายตัว ส่วนที่เป็นไอจะระเหยออกมาเมื่อทำให้เย็นลงจะกลั่นตัวเป็นของเหลว ของเหลวนี้เรียกว่า กรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) โดยจะมีเมธานอลเป็นส่วนประกอบมากกว่าครึ่ง ซึ่งจะทำให้การกลั่นด้วยน้ำอีกครั้งหนึ่งเพื่อที่จะแยกกรดอะซีติก เมธานอล และอะซิโตนออกจากกันได้

ข. เมธานอลที่ได้จากกระบวนการคะตะไลติก รีดักชัน (catalytic reduction)

เมธานอลในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่จะได้จากกระบวนการคะตะไลติก รีดักชันของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือของผสมพวก

คาร์บอนไดออกไซด์มาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน โดยจะมีสังกะสีหรือโครเมียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้ความดัน 100-600 atm และที่อุณหภูมิ 250-400 องศาเซลเซียส พิจารณาจากสมการ



ค. เมธานอลได้จากการสลายตัวของแอสพาร์เทม

เมธานอลที่ได้จากการสลายตัวของแอสพาร์เทมซึ่งแอสพาร์เทมเป็นสารให้ความหวานเป็นไคเปปไทด์เอสเทอร์ ซึ่งแอสพาร์เทมจะถูกเมตาบอลิซึมในขั้นต้นเป็นกรดแอสพาร์ติก ฟีนิลอะลานินและเมธานอล

2.1.2.3 การรับเมธานอลเข้าสู่ร่างกาย

เราสามารถได้รับเมธานอลเข้าสู่ร่างกายโดยอาจเกิดได้จากการรับประทานอาหาร การสูดหายใจ การซึมทางผิวหนัง ซึ่งผลที่เกิดขึ้นตามมาเป็นอันตรายต่อร่างกายมากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับว่าเราได้รับปริมาณเมธานอลมากน้อยเพียงไรและระยะเวลาที่ได้รับด้วย เมื่อเมธานอลเข้าไปในร่างกายแล้วร่างกายจะใช้ระยะเวลาในการกำจัดเมธานอลออกจากร่างกายได้ช้าและยากมาก ดังนั้นเมื่อเราได้รับเมธานอลบ่อยๆ ครั้งปริมาณเมธานอลก็จะสะสมเพิ่มขึ้นจนทำให้ถึงระดับที่เป็นพิษเมธานอลเข้าสู่ร่างกายได้โดย

ก. การดื่มหรือรับประทานเมธานอลโดยตรง

เมื่อเราดื่มเมธานอลเข้าไปแล้วจะไม่เกิดอาการเมา แต่เมธานอลจะไปกัดเยื่อภายในปากทำให้เกิดการอักเสบเป็นสีม่วงแดง หน้าเขียว อ่อนเพลีย คลื่นไส้ ปั่นป่วนในท้อง ปวดศีรษะ หน้ามืด เป็นลม เหงื่อออก ตาบอดถึงแก่ชีวิตได้ถ้าได้รับในปริมาณมาก

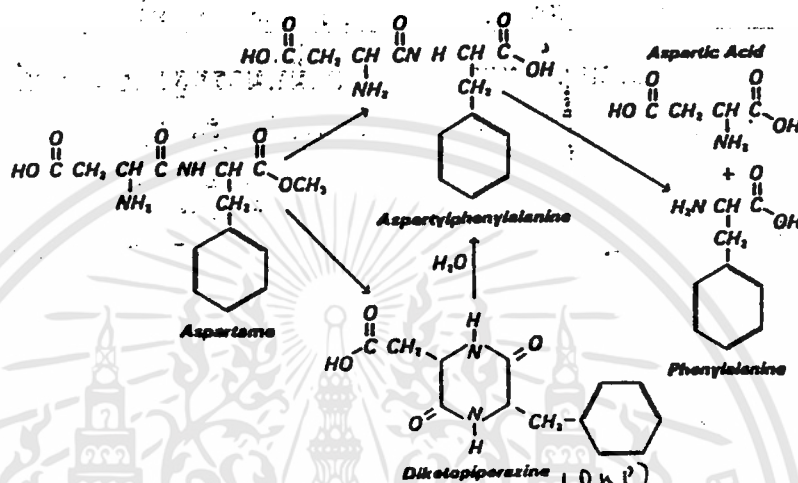
ข. การหายใจเอาเมธานอลเข้าไปในร่างกาย

ถ้าในบรรยากาศมีเมธานอล 1000-1500 ppm (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะเกิดอาการเหมือนกับการดื่มเมธานอลโดยตรง แต่ถ้ามีปริมาณเมธานอล 50000 ppm อาจถึงตายทันที

2.1.2.4 กระบวนการของเมธานอลที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย

เมื่อได้รับเมธานอลเข้าสู่ร่างกาย ร่างกายจะเกิดขบวนการออกซิเดชันจะเปลี่ยนเมธานอลที่รับเข้าไปเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะถูกเร่งโดยเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (Alcohol dehydrogenase) ขณะเดียวกัน ฟอร์มัลดีไฮด์ก็จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปได้กรดฟอร์มิก (Formic acid) โดยการเร่งของเอนไซม์อัลดีไฮด์ไฮโดรจีเนสและยังมีเอนไซม์

อื่นๆอีกหลายตัวเป็นตัวช่วยเร่งสำหรับกรดฟอร์มิกก็จะถูกขับออกมากับยูรีนหรือถูกเปลี่ยนรูปออกมาเป็นน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ดังแสดงในภาพที่2.3



ภาพที่ 2 สมการแสดงการสลายตัวของเมธานอล

เมื่อพิจารณาถึงอันตรายจากการรับเมธานอลเข้าไปในร่างกาย อาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ทำให้ศูนย์กลางของระบบประสาทเสียหาย โดยเฉพาะเส้นประสาทเกี่ยวกับการมองเห็นซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภครอดชั่วคราวหรือถึงบอดสนิทได้

กลไกเกิดขึ้นโดยเมธานอลที่รับเข้าไป ไปทำปฏิกิริยากับเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสซึ่งอยู่ที่เรตินาที่ดวงตา โดยเอนไซม์นี้จะมีช่วยช่วยในการมองเห็น โดยจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์ Cis- vitamin A , Trans- vitamin A (retinol) นำไปใช้ประโยชน์ แต่เมื่อเมธานอลไปทำปฏิกิริยากับADH(เอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส) ก็จะเกิดฟอร์มัลดีไฮด์ขึ้นทำให้ไปยับยั้งการสร้างเซลล์ส่วนหนึ่งที่ดวงตาซึ่งเซลล์ชนิดนี้เป็นสารให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อดวงตา ในการช่วยให้กล้ามเนื้อดวงตาขยายหรือหดตัวได้ดีเมื่อเซลล์ชนิดนี้ไม่มีก็จะทำให้กล้ามเนื้อดวงตาไม่มีพลังงานมากพอในการทำหน้าที่ของมันก็จะค่อยๆให้การมองเห็นลดน้อยลงไปจนตาบอดในที่สุด

ส่วนกรดฟอร์มิกที่เกิดขึ้นนั้น ได้มีผู้วิจัยแล้วพบว่า การมองเห็นน้อยลงจนมองไม่เห็นเลยจะเกิดหลังจากปริมาณของกรดในเลือดมีมากขึ้น โดยกรดฟอร์มิกนี้จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีเหล็ก เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปให้กับ

อวัยวะ และกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของร่างกายในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและโดย เฉพาะอย่างยิ่งเนื้อเยื่อที่เรตินา ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องการออกซิเจนมาก ดังนั้นจึงแสดงผลหรืออาการ ให้เร็วยิ่งขึ้นนอกจากนี้เมื่อปริมาณกรดในเลือดมากอาจทำให้ซอล์หัวใจเต้นเร็วหายใจติดขัดถึงขั้น เสียชีวิตได้

2.1.2.5 อันตรายที่เกิดจากเมธานอลที่มีผลต่อร่างกายสามารถแบ่งออกได้เป็น

ก. ผลต่อระบบประสาทและอวัยวะภายใน

ปริมาณเมธานอลที่มีในร่างกาย 100-250 มิลลิกรัม ภายหลังจากที่ได้รับเป็นเวลา หลายชั่วโมง จนถึง 3 วัน จะทำให้เกิดโลหิตคั่ง และของเหลวเป็นพิษอยู่ภายในช่องว่างของเซลล์ ร่างกาย และจะเริ่มทำลายระบบประสาทส่วนกลางทำลายวงจรชีวิตของระบบประสาทของ สมองและไขสันหลังตลอดจนการสูบน้ำตาลในเลือดในเยื่อหุ้มสมองเยื่อภายในของอวัยวะที่สำคัญเช่น หัวใจ ปอด กระเพาะ ตับ ไต ลำไส้เล็ก ตับอ่อน กระเพาะปัสสาวะ เม็ดโลหิตแดงจะถูกทำลาย อาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ ดังที่กล่าวไว้แล้วว่า เมธานอลมีผลต่อดวงตา ทำให้การมองเห็นของ ดวงตาทั้งสองข้างลดลงในระยะแรกๆ โดยม่านตาจะขยายออก และไม่ตอบสนองต่อแสง กระจกตา เสื่อมหรือเสียได้ เส้นประสาทที่ใช้ในการมองเห็นอาจถูกทำลายอาจทำให้ตาบอดชั่วคราวหรือถาวร ได้รับความผิดปกติของดวงตาพบว่าจะเกิดขึ้นโดยจะเกิดเลือดคั่งและมีของเหลวเป็นพิษอยู่ทั่วทุก ดวงตาปริมาณเมธานอลที่ทำให้ตาบอดนี้จะมีตั้งแต่ 10-90 มิลลิกรัม หรือถ้าคิดเป็นไอของเมธานอล ที่ทำให้ตาบอดทันทีคือ 200 ppm (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ข. ผลต่อระบบอื่นๆ

เมธานอลในร่างกายเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เกิดภาวะผิดปกติของร่างกายที่มีการสะสมมากกว่าปกติ ระบบหายใจผิดปกติ ไม่รู้สึกตัวหรือหมดสติ ถ้าได้รับในปริมาณมากอาจเสียชีวิตได้

2.1.2.6 ประโยชน์ของเมธานอล

ก. เมธานอลเป็นสารละลายที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ข. เมธานอลเป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์สี สารพวกเอสเทอร์ อีเทอร์พอลิเมอร์ ดีไฮด์ หรือพอลิเมอร์ซึ่งใช้ในการผลิตพลาสติก

ค. เมธานอลใช้เป็นตัวทำละลาย ผสมในทินเนอร์แล็กเกอร์ที่ใช้ทาไม้ เครื่องโลหะ ผ้า และ หนัง ใช้ในการทำหมึกพิมพ์ และเนื่องจากเมธานอลละลายไขมันได้ดีจึงใช้ล้างแผ่นโลหะ ก่อนใช้

ง. เมธานอลเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม

จ. เมธานอลนำมาผสมกับน้ำมันเครื่องบิน น้ำมันรถยนต์เพื่อเพิ่มค่าออกเทนและขจัดมลพิษซึ่งเกิดจากการใช้น้ำมันเบนซิลเป็นเชื้อเพลิง

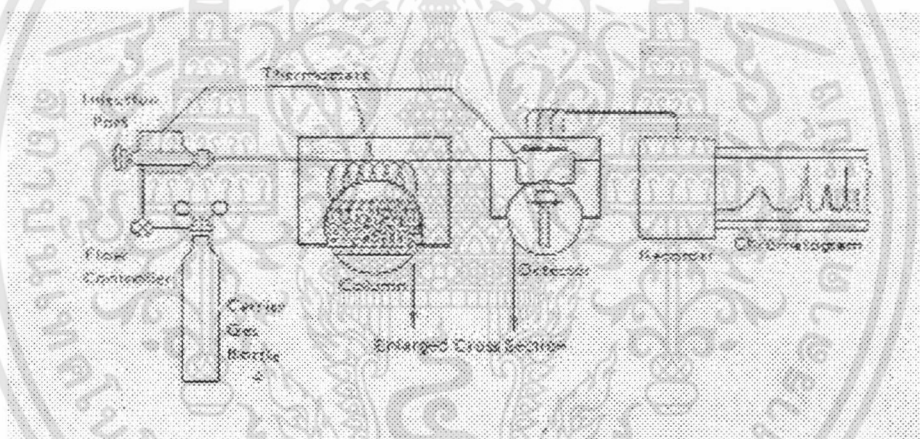
ฉ. เมธานอลเป็นน้ำยากันน้ำแข็ง (antifreeze) เหมาะสมใช้กับรถยนต์ในประเทศที่มีอากาศหนาวเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในหม้อน้ำแข็งเร็ว

ช. เมธานอลเป็น feedstock สำหรับการสังเคราะห์โพรตีนโดยการหมักอย่างต่อเนื่อง

ซ. เมธานอลเป็นตัวผสมในผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันหอม กระดาษเย็น

2.1.3 เครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟี

เครื่องมือที่ใช้ในแก๊สโครมาโทกราฟี มีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนดังแสดงในภาพที่ 3 ทั้งแบบ GSC และ GLC จะมีส่วนประกอบเหมือนกันแตกต่างกันเฉพาะชนิดของสารที่ใช้บรรจุในคอลัมน์ด้วยเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ต่างๆ เหมือนกัน



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

แก๊สตัวพาจะบรรจุไว้ในถังที่สามารถควบคุมความดันของแก๊สที่ปล่อยออกมาได้สารตัวอย่างที่ถูกฉีดเข้าไปในเครื่องก่อนเข้าสู่คอลัมน์ต้องถูกความร้อนทำให้กลายเป็นไอก่อน หลังจากนั้นจึงผ่านไปนาคอลัมน์โดยมีแก๊สเป็นตัวพาหลังจากสารตัวอย่างถูกอีลูท (elute) ออกจากคอลัมน์ด้วยแก๊สพาจะเข้าสู่เครื่องตรวจวัดซึ่งจะเป็นตัวแปลงขนาดของสารตัวอย่างให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าถ้าสารตัวอย่างมีปริมาณมากสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็มีมากสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เครื่องตรวจวัดจะส่งไปยังเครื่องบันทึก เครื่องบันทึกจะบันทึกเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่าการตอบสนองจากเครื่องตรวจวัด (detector response) ถ้าเปรียบเทียบการทำงานของเครื่อง

แก๊สโครมาโทกราฟี กับการทำงานของร่างกายมนุษย์จะได้ว่า เครื่องตรวจวัดเปรียบเสมือนสมอง และคอลัมน์เปรียบเสมือนหัวใจ

พิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟีตามลำดับดังนี้

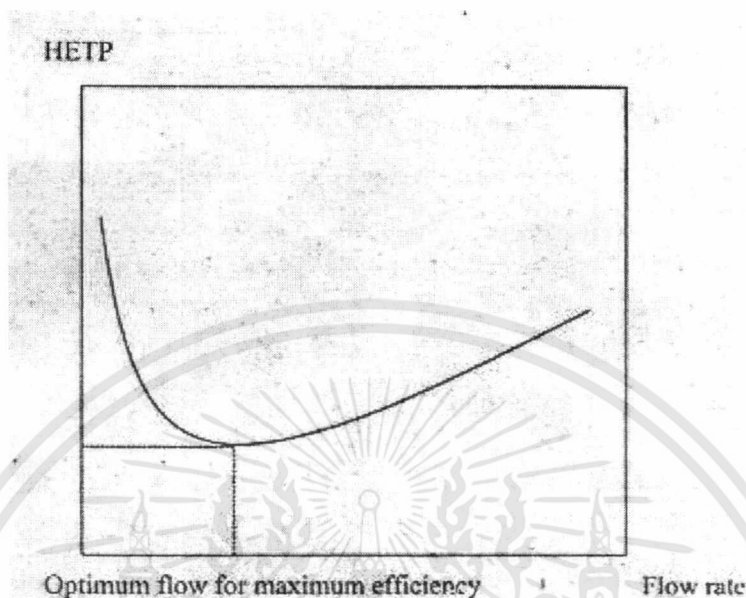
1). แก๊สพา (Carrier gas)

แก๊สที่ใช้สำหรับพาสารตัวอย่างที่ถูกทำให้เป็นไอ หรือแก๊สเฟส (gas phase) แล้วที่ injection port ให้เข้าสู่คอลัมน์ต่อไป แก๊สพานี้จะต้องมีการควบคุมอัตราการไหล (flow rate) ให้คงที่เสมอ โดยสามารถเลือกอัตราการไหลที่เหมาะสมได้ตามความต้องการ อัตราการไหลของแก๊สพา มีส่วนสำคัญต่อการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมให้คงที่

แก๊สที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ แก๊สไนโตรเจน ฮีเลียม หรือไฮโดรเจน ลักษณะที่ดีของแก๊สพา ควรจะเป็นดังนี้ คือ

- ก. ควรมีสสมบัติเฉื่อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง หรือตัวทำลาย หรือเฟสคงที่
- ข. เป็นแก๊สที่มีการแพร่ร่น้อยและมีมวลโมเลกุลต่ำ
- ค. สามารถจัดหาได้ง่ายและมีความบริสุทธิ์สูง
- ง. ราคาไม่แพง
- จ. เป็นแก๊สที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องตรวจวัดได้ แก๊สพาที่ออกจากท่อแก๊สควรทำให้บริสุทธิ์ขึ้น โดยให้ผ่านท่อที่บรรจุด้วย molecular seive เพื่อช่วยขจัดไอน้ำหรือไอน้ำมัน

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของคอลัมน์ (column efficiency) ยังขึ้นอยู่กับ การเลือกใช้อัตราการไหลของแก๊สพา ซึ่งคอลัมน์แต่ละชนิดจะมีค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุด (optimum flow rate) ต่าง ๆ กัน และสามารถหาได้โดยทำการทดลองง่าย ๆ คือ ทำ Van Deemter plot ซึ่งเป็นการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ของค่า อุนทงูมิที่สูงสุด (HETP) กับอัตราการไหลของแก๊ส จะได้กราฟดังภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 Van Deemter plot

optimum flow rate คือ อัตราการไหลของแก๊สที่ค่า HETP ต่ำที่สุด หรือมีจำนวนเพลต(plate)สูงสุด สรุปได้ว่า อัตราการไหลของแก๊ส มีความสำคัญอยู่ 2 ประการ คือ

1. ค่าเวลารีเทนชัน *ขององค์ประกอบของสารตัวอย่างที่ผ่านในคอลัมน์ ถ้าอัตราการไหลเร็ว ก็จะทำให้องค์ประกอบของสารออกจากคอลัมน์ได้เร็ว และลักษณะพีคจะกว้าง
2. ขนาดของสัญญาณของเครื่องตรวจวัด คือ ถ้าอัตราการไหลช้าจะทำให้ความสูงของพีคเพิ่มขึ้น ดังนั้นการควบคุมการไหลของแก๊ส จึงเป็นสิ่งสำคัญมากในการทำแก๊สโครมาโทกราฟี การควบคุมการไหลของแก๊สทำได้โดยการควบคุมความดัน นอกจากจะมีเครื่องควบคุมความดันของแก๊สแล้ว ต้องมีเส้นลวดที่มีรูเล็ก ๆ เป็นคาปิลารีเข้าช่วยด้วย ซึ่งจะทำให้ตั้งอัตราการไหลของแก๊สได้กว้างขึ้นจาก 0-200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาที หรือที่ความดันเป็น 0-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

*เวลารีเทนชัน (retention time, t_r) คือ เวลาที่ใช้ในการทำให้ตัวถูกดูดซับเคลื่อนที่ได้เท่ากับความยาวคอลัมน์ซึ่งมีค่าเท่ากับความยาวของคอลัมน์ หากด้วยอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของตัวถูกดูดซับในโครมาโทแกรม สามารถหาค่า t_r ได้จากการวัดระยะทาง ตั้งแต่เริ่มฉีดสารตัวอย่างลงในคอลัมน์ จนถึงส่วนยอดของพีค

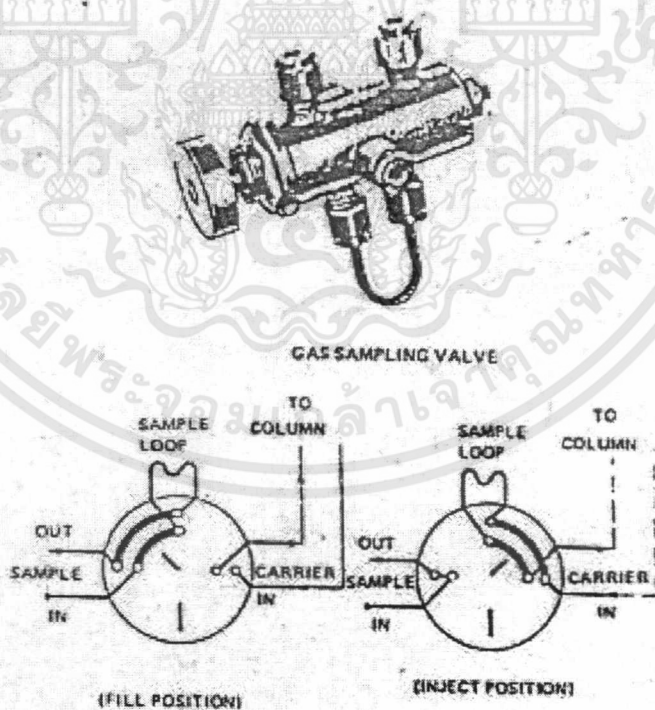
2). ระบบของการนำเข้าเครื่องสารตัวอย่าง (sample inlet system)

การนำสารตัวอย่างฉีดเข้าไปในเครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟ เพื่อทำวิเคราะห์นั้น มีวิธีการแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของสารตัวอย่าง เช่น เป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็ง ถ้าเป็นของเหลวหรือของแข็งก็ขึ้นอยู่กับว่าสารนั้นระเหยง่ายหรือยาก คอลัมน์ที่ใช้เป็นอะไร เช่น เป็น packed column หรือ capillary column การออกแบบเครื่องมือในส่วนนี้จะแตกต่างกันออกไป เพื่อให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปส่วนที่ฉีดสารตัวอย่างเข้าไป (inlet) จะมีเครื่องให้ความร้อน (heater) ประกอบอยู่ด้วย เพื่อให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอ ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้มักจะน้อย

ระบบของการใส่สารตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามชนิดของสารตัวอย่าง คือ

ก. Gas Sample Inlets

โดยทั่วไปตัวอย่างที่เป็นแก๊สมักจะใช้ฉีดเข้าไปด้วย gas-tight syringes แต่วิธีที่ดีที่สุดใช้ gas sampling valve ดังแสดงในภาพที่ 5 แก๊สตัวอย่างจะฉีดเข้าไปเก็บไว้ในลูป (loop) เมื่อหมุน sampling valve แก๊สตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าไปในคอลัมน์ วิธีการนี้จะให้ค่า reproducibility ดีกว่า 0.5%

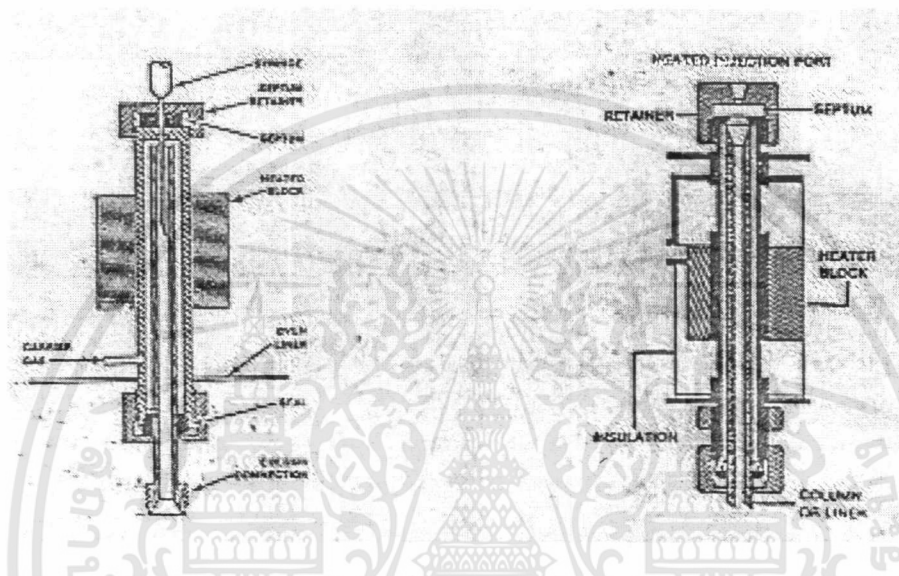


ภาพที่ 5 การฉีดแก๊สตัวอย่างโดยการใส่ gas sampling valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. Liquid Sample Inlets

สารตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยมากจะใช้ microsyringe ฉีดเข้าไปผ่าน silicone septum ไปยังปลายของคอลัมน์หรืออาจใช้วิธีฉีดเข้าไปที่ flash vaporizer ดังแผนภาพที่ 6 และ 7 สารตัวอย่างจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไอ โดยความร้อนจาก heater block



ภาพที่ 6 ลักษณะของ flash vaporizer injection port

ภาพที่ 7 flash vaporizer

เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการฉีดสารเข้าไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารตัวอย่าง และคอลัมน์วิธีการที่ใช้วิเคราะห์อาจเป็น isothermal หรือ temperature programmed ทั้งนี้สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ retention time จะต้อง reproducible และให้การแยกที่ดี (good resolution)

โดยทั่วไปอุณหภูมิของ injection port ควรจะต้องสูงพอที่จะทำให้สารกลายเป็นไอแต่ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิจำกัด (temperature limit) ของเฟสของเหลวที่ใช้ในคอลัมน์ และไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะอาจทำให้เฟสของเหลวระเหยออกไปหรือเกิดการสลายตัว ทำให้เกิด base line ไม่คงที่และเกิดการดริฟท์ (drift)

ค. สารตัวอย่างที่เป็นของเหลว (solid sample)

การวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นของแข็งด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีนั้น กระทำได้ค่อนข้างยากกว่าสารตัวอย่างที่เป็นแก๊สหรือเป็นของเหลว เพราะต้องใช้อุณหภูมิในการเปลี่ยนให้เป็นไอสูงกว่า อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟีนั้น ก็สามารถทำได้โดยนำสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งนั้น ไปละลายในตัวทำละลายเสียก่อน แล้วจึงทำตามวิธีในข้อ ข. ทั้งนี้ตัวทำละลายที่เลือกใช้จะต้องละลายสารตัวอย่างได้หมด ไม่รวมชะ (co-elute) กับสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคสารหนึ่งในตัวอย่างนั้นและไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างนั้นด้วยในบางกรณีอาจใช้อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนสารที่เป็นของแข็งให้สลายตัวเป็นแก๊ส (pyrolysis equipment) โดยเผาที่อุณหภูมิสูงถึง $1,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปลี่ยนให้เป็นแก๊สแล้วจึงนำเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีต่อไป

3). คอลัมน์ (column)

คอลัมน์ถือเป็นหัวใจของการแยกสารด้วยเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟี เมื่อแก๊สผสมหรือไอของสารที่ปนกันอยู่ในสารตัวอย่าง ผ่านคอลัมน์สารที่บรรจุในคอลัมน์เปล่า จะทำหน้าที่เป็นตัวแยกแก๊สหรือไอผสมเหล่านั้นจากกันเป็นส่วน ๆ ดังนั้นโครมาโทแกรมที่ได้จะดีหรือไม่ จึงขึ้นอยู่กับชนิดของคอลัมน์ด้วย

คอลัมน์ที่ใช้ในเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟีนั้นมี 2 ประเภท คือ

ก. Packed column

คอลัมน์ชนิดนี้มีทั้งแบบที่ทำด้วยแก้วและทำด้วยโลหะ มีลักษณะเป็นหลอด ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 1 ถึง 8 มิลลิเมตร มีความยาวมาก ๆ หลอดคอลัมน์จะถูกขดเป็นวงกลม (coil) เพื่อให้บรรจุลงในเตา(oven) ได้ คอลัมน์ชนิดนี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้ง 2 แบบ คือ GSC และ GLC ถ้าทำการวิเคราะห์แบบ GSC จะใช้สารของแข็งที่เป็นตัวดูดซับ (adsorptive particles) บรรจุในคอลัมน์ เช่น อะลูมินา ซิลิกา เป็นต้น แต่ถ้าทำการวิเคราะห์แบบ partition column จะต้องใช้คอลัมน์แบบ ซึ่งจะบรรจุด้วยอนุภาคของแข็งซึ่งมีสมบัติเฉื่อย (inert solid particles) ฉาบผิว (coated) ด้วยของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นเฟสคงที่ ซึ่งจะมีจุดเดือดสูงที่เรียกว่า substrate

ข. Capillary column

คอลัมน์ชนิดนี้ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แบบ เท่านั้น ความยาวของคอลัมน์มีค่ามากตั้งแต่ 10 ถึง 100 เมตร หรือมากกว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 0.2 ถึง 0.5 มิลลิเมตร คอลัมน์ชนิดนี้ส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดทำด้วยหลอดแก้ว เหตุผลที่ไม่ใช้โลหะเพราะโลหะสามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีได้หลายชนิด และเมื่อภายในคอลัมน์ต้องใช้อุณหภูมิอาจทำให้โลหะเกิดปฏิกิริยาบางอย่างในคอลัมน์ได้ ตามปกติอุณหภูมิคอลัมน์ต้องสูงกว่าจุดเดือดของสารตัวอย่าง $10\text{ ถึง }25\text{ }^{\circ}\text{C}$ การใช้คอลัมน์ชนิดนี้ในการทำ GLC ไม่ต้องใช้ของแข็งรองรับ (solid support) วิธีเตรียมคอลัมน์ทำได้โดยใช้ของเหลวซึ่งเป็นเฟสคงที่ใส่ในคอลัมน์ ของเหลวนั้นจะฉาบผิวของคอลัมน์เป็นฟิล์มบาง ๆ ที่มีความหนาน้อยกว่า $1\text{ }\mu\text{m}$ ความหนาของแผ่นฟิล์มของเหลวนั้นจะมีผลต่อการแยกด้วย คอลัมน์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการแยกสูงกว่า packed column ถึง 100 เท่า และสามารถใช้กับขนาดของสารตัวอย่างที่น้อยกว่า $0.01\text{ }\mu\text{l}$ ความจุของคอลัมน์ชนิดนี้

สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยฉาบผิวของคอลัมน์แก้วด้วยวัสดุที่มีรูพรุน เช่น กราไฟต์ โลหะออกไซด์ และ ซิลิกาเคลือบก่อน ให้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ซึ่งจะทำให้พื้นที่ผิวที่จะให้ของเหลวมาจับอยู่มากขึ้น เป็นการเพิ่มความจุของคอลัมน์ คอลัมน์ชนิดนี้แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพ (efficiency) ของคอลัมน์ต่อ หน่วยความยาวค่อนข้างต่ำ แต่สามารถใช้คอลัมน์ยาวมากได้ เพราะมี pressure drop เพียงเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อใช้คอลัมน์ยาวมาก ๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการแยกมีค่าสูง เมื่อใช้สภาวะที่เหมาะสม แล้ว Capillary column จะมีประสิทธิภาพในการแยกดีที่สุด

จากการพิจารณาชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ในการทดลอง และวัสดุที่บรรจุภายใน คอลัมน์สรุปได้ว่า วัสดุที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์มี 3 ชนิด คือ

1. ของแข็งที่ทำหน้าที่เป็นเฟสคงที่ (stationary solid phase)

ของแข็งชนิดนี้ใช้เฉพาะ packed column เท่านั้น ซึ่งนำไปใช้กับการ วิเคราะห์ GSC ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายของแก๊สสารตัวอย่างระหว่างเฟสของแก๊สที่เคลื่อนที่ กับเฟสของแข็งที่คงที่มีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับการใช้เฟสคงที่เป็นของเหลว ในการใช้สารตัวอย่าง ชนิดเดียวกันทำให้ค่าเวลาริเทนชัน (retention time) ในการทำ GSC มีค่ามากกว่า GLC ด้วยเหตุผลนี้ จึงเป็นที่นิยมใช้มากกว่า GSC ตามปกติ GSC มักนิยมใช้แยกสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ เช่น ไอโซเมอร์ของบิวเทนของแข็งที่ใช้เป็นตัวดูดซับหรือเฟสคงที่ใน GSC ได้แก่ แกรไฟต์ (graphite) ผงคาร์บอนแกรไฟต์ดำ (graphitized carbon blacks) ถ่านหิน (charcoals) ซิลิกาเจล (silica gel) อะลูมินา (alumina) โพรแพค คิว (porapak-Q) โพรแพค อาร์ (porapak-R) ซีโอไลต์ (Zeolite) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchangeresin) เป็นต้น

2. ของแข็งรองรับ (solid support)

วัสดุชนิดนี้ใช้กับการวิเคราะห์แบบ GLC เท่านั้น มีหน้าที่ช่วยทำให้ของเหลวซึ่งเป็นเฟสคงที่ถูกยึดอยู่ในคอลัมน์ได้ และทำให้เฟสคงที่หรือของเหลวนั้นมีโครงสร้างทางกายภาพที่เหมาะสม ของแข็งรองรับต้องเป็นสารที่เสถียร ณ อุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการทดลอง จะต้องมีขนาดที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ ของแข็งรองรับที่ใช้ส่วนใหญ่ได้มาจาก diatomaceous earths (SiO_2) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ซิลานอลของ hydrated silica มีวิธีการอยู่หลายวิธีที่จะทำให้ diatomaceous earths กลายเป็นของแข็งรองรับที่ดี ถ้านำ diatomaceous earths มาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 100°C จะได้ของแข็งสีชมพู ซึ่งมีชื่อเรียกว่าโครโมซอร์บ พี (Chromosorb P) โดยโครโมซอร์บ พี จะมีหมู่ฟังก์ชันเป็นแบบมีขั้ว ทำให้สามารถใช้เป็นของแข็งดูดซับใน GSC ได้ด้วย ถ้าไม่นำมาฉาบด้วยของเหลว แต่เนื่องจากหลังจากที่โครโมซอร์บดูดซับตัวอย่างแล้ว ความสามารถในการอึฐทไม่ดีพอ จึงต้องใช้ของเหลวฉาบบนโครโมซอร์บอีกทีหนึ่ง จึงจะทำให้การอึฐท

เกิดได้ดี ทำให้โครโมซอร์บมีหน้าที่เป็นเพียงของแข็งรองรับ ความสามารถในการดูดซับจึงขึ้นอยู่กับของเหลวที่มาฉาบ สำหรับชื่อโครโมซอร์บชนิดต่าง ๆ นั้น เป็นชื่อทางการค้า (trade name) ของบริษัทผู้ผลิต ถ้านำ diatomaceous earths มาเผาโดยมีไฮโดรเจนคาร์บอนเตตระไฮไดรด์อยู่ จะได้ของแข็งสีขาวที่เรียกว่า โครโมซอร์บ ดับบลิว (Chromosorb W) ถ้านำเอา diatomaceous earths มาทำด้วยวิธีการอื่น ๆ จะได้ของแข็งรองรับชนิดอื่น ๆ อีก เช่น โครโมซอร์บ เอ (Chromosorb A) และโครโมซอร์บ จี (Chromosorb G) เป็นต้น

ของแข็งรองรับที่ดีที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ GLC ต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

- ก. มีความสม่ำเสมอ ขนาดของรูพรุนไม่เกิน 10 ไมครอน
- ข. มีพื้นที่ผิวมากประมาณ 1-20 ตารางเมตรต่อกรัม
- ค. มีความแข็งไม่แตกต่าง
- ง. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง
- จ. มีขนาดและรูปร่างเป็นแบบเดียวกันตลอด

3. ของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นเฟสคงที่ (stationary liquid phase)

ของเหลวนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ซับสเตรต (substrate) เป็นของเหลวที่มีจุดเดือดสูง ใช้ฉาบบนของแข็งรองรับ ซึ่งใช้บรรจุใน packed column หรือฉาบที่ผิวของคอลัมน์ในคาปิลารีคอลัมน์ ในการทำ GLC ของเหลวที่สามารถใช้เป็นซับสเตรตได้มีหลายร้อยชนิด สำหรับตัวที่นิยมใช้และใช้กันมากได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นเฟสคงที่ได้ในการทำ GLC ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ก. เป็นตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับองค์ประกอบที่ต้องการวิเคราะห์ เช่น มีสภาพขี้เหมือนกับสารตัวอย่าง
- ข. จะต้องทำให้เกิดการแบ่งส่วนที่แตกต่างกันของแต่ละองค์ประกอบในสารตัวอย่างระหว่างเฟสทั้งสอง
- ค. เสถียรที่อุณหภูมิสูง ๆ
- ง. มีความดันไอที่อุณหภูมิต่ำ
- จ. ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารตัวอย่าง

การพิจารณาเลือกใช้คอลัมน์ต้องคำนึงถึง

1. ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์ เพราะการแยกสารจะเกิดได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์

2. เฟสคงที่ที่เป็นของแข็งหรือของเหลว หลักการของการเลือกใช้ควรให้สารเคมีที่เลือกมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับสารตัวอย่าง เช่น ถ้าสารตัวอย่างเป็นมีขั้ว (polar) ก็ควรเลือกใช้เฟสคงที่ของแข็งหรือของเหลวที่เป็นแบบมีขั้วเหมือนกัน

3. อุณหภูมิที่ใช้สำหรับคอลัมน์ คอลัมน์ที่ใช้บรรจุอยู่ในเตา (oven) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพื่อให้คอลัมน์มีความร้อนสูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไออยู่ตลอดเวลาอุณหภูมิที่ใช้ต้องสูงเกิน ไปจนทำให้เฟสของเหลวกลายเป็นไอ ปกติอุณหภูมิที่ใช้จะต่ำกว่าส่วนของระบบฉีดสารตัวอย่าง (sample injection system) ประมาณ 10-20 °C อุณหภูมิของคอลัมน์จะมีผลต่อค่ารีเทนชันและการแยกด้วย

ตารางที่ 1 เฟสของเหลวที่นิยมใช้บางตัว

Liquid Phase	Typical Samples	Polarity	Max. Temp (°C)
Squalane	Hydrocarbon	Nonpolar	125
Apiezon L	High boiling hydrocarbon ,esters , ethers	Nonpolar	300
Methyl silicone	Steroids , pesticides, alkaloids, esters	Nonpolar	300
Dinonyl phthalate	All type	Intermediate polarity	175
Silicone oil	All type	Intermediate polarity	275
Diethyleneglycol succinate	Esters	polar	200
Carbowax 20M	Alcohols , aromatic amine , ketones	polar	250
Polyamine resin	Amino compounds	polar	300
B.B-Oxydipropionitrile	Olefins , alcohols , aldehydes	polar	100
AgNO ₃ in propylene glycol	Olefins , cyclic hydrocarbon	polar	50

4. เครื่องตรวจวัด (detector)

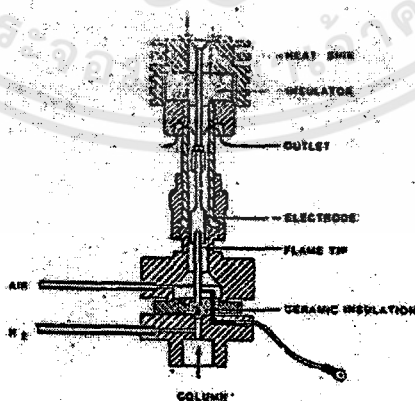
เครื่องตรวจวัดเปรียบเสมือนสมองของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ โดยทำหน้าที่ตรวจสอบสารที่ออกจากคอลัมน์ว่ามีปริมาณเท่าไร เครื่องตรวจวัดจึงต้องเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะเฉพาะสามารถให้สัญญาณกับสารต่าง ๆ ได้ ให้สภาพความไวที่สูงพอ มีการตอบสนองที่ดีในช่วงความเข้มข้นของสารที่กว้างพอ และมีหลายชนิด แต่สำหรับในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องตรวจวัดประเภท เฟลมไอออไนเซชัน (Flame Ionization Detector. FID)

ก. flame Ionization Detector (FID)

เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ทุกตัวสามารถเกิดเป็นไอออนได้ในเปลวไฟทำให้เกิดกระแสของไอออนที่สามารถสะสมอยู่ระหว่างขั้วที่มีประจุตรงข้าม ขั้วได้ตามปริมาณของไอออน กระแสที่เกิดขึ้นนี้ยังมีปริมาณน้อย ต้องใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนขึ้นเพื่อขยายให้มีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากขึ้นดังแสดงในภาพที่ 8

FID เป็นเครื่องตรวจวัดที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะให้ผลที่มีความไวสูง มีช่วงการใช้งานได้กว้าง เปลวไฟที่ใช้ในการทำให้สารอินทรีย์เกิดเป็นไอออน คือ เปลวไฟจากไฮโดรเจน ปริมาณหรือจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เกิดเป็นไอออนหรือออกซิไดส์ จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณกระแสของไอออนที่เกิดขึ้น ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของสารตัวอย่างด้วยนั่นเอง เครื่องตรวจวัด FID สามารถวิเคราะห์สารประกอบที่มีความเข้มข้นน้อย ๆ ได้ดีกว่าตรวจวัดแบบการนำความร้อนถึง 1,000 เท่า

เครื่องตรวจวัดชนิด FID สามารถตรวจวัดสารตัวอย่างอินทรีย์ที่ระเหยกลายเป็นไอได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นสารประกอบที่ถูกออกซิไดส์มาแล้ว เช่น carbonyl และ carboxyl group



แผนภาพที่ 8 flame ionization detector [FID]

ข. ข้อควรปฏิบัติในการใช้ FID

เนื่องจากการเผาไหม้ใน FID จะมีไอ้ยาเกิดขึ้น เพื่อป้องกันการเกิดการกัดกร่อนตัวของไอ้ยา ควรจะใช้อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดให้สูงกว่า 100°C โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารตัวอย่างเป็นพวกสารประกอบของคลอรีน ผลจากการเผาไหม้จะก่อให้เกิดการฟุ้งร้อนได้ง่าย สภาพความไวของเครื่องตรวจวัดจะเสียไปด้วย บางครั้งสารประกอบพวกที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ การเผาไหม้ไม่ค่อยสมบูรณ์ ทำให้เกิดเขม่าอุดตัน flame tip หรือ jet ได้ จึงต้องใช้อุณหภูมิของเครื่องตรวจวัดให้สูงขึ้น

ค. ลักษณะเฉพาะที่ต้องการของเครื่องตรวจวัด

เครื่องตรวจวัดที่จะใช้ในการตรวจหาสาร โดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ควรจะต้องมีลักษณะเฉพาะในการตอบสนองต่อสารเคมีที่ต้องการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นควรมีน้อยมาก (low noise level)
2. มีความไวสูง (high sensitivity) นั่นคือ การตอบสนอง (response) ต่อปริมาณสารควรจะต้องมาก เพื่อที่จะได้สามารถตรวจหา ปริมาณของสารน้อย ๆ ได้ หรือมีค่า minimum detectable level (MDL) ต่ำ ๆ ซึ่งในทางปฏิบัติจะหมายถึง ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดความสูงของพีคได้เป็น 2 หรือ 3 เท่า ของพีคจากสัญญาณรบกวน (signal/noise = 2 or 3)
3. มีการเลือกตอบสนองต่อการตรวจหาสาร (selectivity) บ้าง เช่น สารต่างประเภทกัน ควรให้การตอบสนองที่แตกต่างกัน ถ้าเครื่องตรวจวัดใด ให้การตอบสนองต่อสารทุกประเภทเหมือน ๆ กัน เครื่องตรวจวัดนั้นก็จัดเป็นประเภททั่วไป (universal detector) และถ้าเครื่องตรวจวัดที่ให้การตอบสนองเฉพาะสารใดสารหนึ่ง จะทำให้เครื่องตรวจวัดนั้นสามารถหาสารนั้น ๆ ได้อย่างดีในของผสม ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการ
4. ควรจะต้องมี dynamic range ที่กว้าง คือ เครื่องตรวจวัดนั้น ควรให้ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณมีช่วงความเข้มข้นที่กว้างพอที่จะวัดได้อย่างถูกต้อง
5. ในทางปฏิบัติ เครื่องตรวจวัดควรจะต้องมีเสถียรภาพและการให้ผลการวิเคราะห์ซ้ำที่ดี (good reproducibility) ด้วย มิฉะนั้นค่าที่วัดได้จะไม่มี ความถูกต้อง
6. ไม่ทำลาย หรือเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งมีความสำคัญมาก ถ้าต้องการเก็บสารที่แยกได้นี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานเมธานอลเข้มข้น 99.8% ความหนาแน่น 0.7924 ที่อุณหภูมิ 20 °C จุดเดือด 64.5 °C

อุปกรณ์

2. เครื่อง Gas Chromatography รุ่น GC-9A ยี่ห้อ Shimadzu
3. Flame Ionization Detector (FID) โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง
4. Column Stainless steel บรรจุด้วย Porapak-Q ขนาด mesh 80/100

เป็น stationary phase ยาว 2 เมตร ซึ่งคอลัมน์นี้เหมาะสำหรับที่จะใช้วิเคราะห์แยกสารอินทรีย์ทั่วไป เช่น แอลกอฮอล์ และยังสามารถใช้วิเคราะห์แยกน้ำได้ด้วย

5. แก๊สไนโตรเจน ชนิด Oxygen free Nitrogen เป็นแก๊สพา (carrier gas)

จำนวนตัวอย่าง

ใช้น้ำตาลเทียม ที่มีแอสพาร์เทมเป็นส่วนผสม 2 บริษัท

1. ฟิตเน่ (Fime') จำนวน 24 ซอง น้ำหนักสุทธิของละ 1 กรัม
2. อีควอล (Equal) จำนวน 24 ซอง น้ำหนักสุทธิของละ 1 กรัม

แหล่งที่มาของตัวอย่าง

ซื้อตัวอย่างน้ำตาลเทียม จากห้างสรรพสินค้า โดยสุ่มซื้อตัวอย่างน้ำตาลเทียมบริษัทละ 1 กล่อง กล่องละ 50 ซอง (น้ำหนักสุทธิรวม 50 กรัม) น้ำตาลเทียม หรือสารให้ความหวาน ชนิดที่มีแอสพาร์เทมเป็นส่วนผสม โดยสังเกตจากฉลากของผลิตภัณฑ์

แอสพาร์เทม (Aspartame) มีชื่อทางเคมีว่า N-L-A-aspartyl-L-phenylalanine methyl ester แอสพาร์เทมจะมีทั้งรูป A-form และ B-form ดังแผนภาพที่ 3.1 เป็นแอสพาร์เทมในรูป A-form ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นสารให้ความหวาน ส่วนแอสพาร์เทมในรูป B-form จะให้รสขม โดยสูตรโครงสร้างของแอสพาร์เทมในรูป B-form

3.1.1 ตัวแปรในการศึกษา

3.1.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทมทั้ง 2 วิธีที่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทม

3.1.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบถึงผลของอุณหภูมิต่าง ที่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอล

3.1.1.3 ศึกษาเปรียบเทียบถึงระยะเวลาที่น้ำตาลแอสพาร์เทมละลายอยู่ในตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอล

3.2 วิธีการ

3.2.1 บีเปิดเมธานอล A.R grade 0.25 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml ปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานเมธานอลเข้มข้น 7884.2 พีพีเอ็ม (ppm)

3.2.2 บีเปิดสารมาตรฐานในข้อ 3.6.1.1 มาปริมาตร 0.7, 0.9, 1.1, 1.3 และ 1.5 ml ใส่ใน Volumetric ขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตร จะได้ความเข้มข้นของสารมาตรฐานของเมธานอลที่จะนำไปใช้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐานเมธานอลที่เตรียมได้

ปริมาตรที่เปิด (ml)	ความเข้มข้น (ppm)
0.7	220.75
0.9	283.83
1.1	346.94
1.3	409.97
1.5	473.05

หมายเหตุ สารมาตรฐานเมธานอลที่เตรียมได้แล้ว จะถูกใช้ในการทดลองวันต่อวันเท่านั้น

3.2.3 เตรียมสารละลายน้ำตาลตัวอย่าง

3.2.3.1 น้ำตาลเทียมตัวอย่างจำนวน 2 ของ ใส่ใน volumetric flask
ขนาด 25 ml

3.2.3.2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25°C รักษาอุณหภูมิสาร
ละลายตัวอย่างด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิให้คงที่

3.2.3.4 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบ 5 นาที
รีบปิเปตสารละลายตัวอย่างใส่ใน vial 15 ขวด ๆ ละ 0.3 ml โดยให้ Volumetric flask ของสาร
ละลายตัวอย่างอยู่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิตลอดเวลา

3.2.3.5 ตั้งทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิต่อไปอีก 10 นาที (รวมเวลาเป็น
15 นาที) รีบปิเปตสารละลายตัวอย่างใส่ใน vial อีก 15 ขวด ๆ ละ 0.3 ml โดยให้ Volumetric flask
ของสารละลายตัวอย่างอยู่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิเช่นเดิม

3.2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Standard Addition

3.2.4.1 ปิเปตสารมาตรฐานเมธานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใส่ผสมลงใน
vial ในข้อ 3.2.3 ด้วยปริมาตร 0.7 ml โดยปิเปตสารมาตรฐานเมธานอลที่ความเข้มข้นหนึ่ง ๆ ใส่
ลงใน vial 3 ขวด

3.2.4.2 เขียนฉลากบอกความเข้มข้นของสารมาตรฐานเมธานอล อุณหภูมิ
ของน้ำกลั่น และระยะเวลา ปิดข้างขวด vial ให้เรียบร้อย เก็บรักษาไว้ในที่เย็นอุณหภูมิต่ำกว่า 25°C

3.2.4.3 ทำซ้ำแต่ปิเปตสารมาตรฐานเมธานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใส่
ผสมลงใน vial 3.2.4.4 นำสารละลายมาตรฐาน Standard Addition ไปฉีดที่เครื่องแก๊สโครมาโท
กราฟี ที่สภาวะของเครื่องต่าง ๆ ดังนี้

ปริมาตรของสารที่ฉีด 2.0 ไมโครลิตร

คอลัมน์ที่ใช้ Stainless steel ; Porapak- Q ยาว 2 เมตร

อุณหภูมิของจุดฉีดสาร 170°C

อุณหภูมิของคอลัมน์ 150°C

แก๊สพา (carrier gas) ไนโตรเจนแก๊ส (N)

อัตราการไหลของแก๊สพา (Flow rate) 40 มิลลิลิตรต่อนาที

เครื่องตรวจวัด (Detector Mode) FID

ช่วงของการวิเคราะห์ (Range) 10

แอทเทนนิวเอชัน (Attenuation) 0

ความเร็วกระดาษ (Speed paper) 10 มิลลิเมตรต่อนาที

3.2.4.5 อ่านผลการทดลองจากพีคที่ได้ โดยนำค่าพื้นที่ใต้พีค (area) แกน Y ไปพลอตกราฟกับค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานเมธานอล (5 ความเข้มข้น) แกน X จากจุดตัดกราฟที่แกน X คือค่าความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่าง

3.2.4.6 ทำซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำกลั่นเป็น 60° C และ 80° C

3.2.4.7 ทำซ้ำโดยเปลี่ยนตัวอย่างน้ำตาลเทียมทำงานครบทุกข้อที่หือ ทุกอุณหภูมิ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อนำค่าพื้นที่ใต้พีคที่ทดลองได้มาพลอตกราฟกับค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเมธานอล ก็จะได้กราฟมาตรฐาน ตามวิธี standard addition ที่จุดตัดแกน X ก็คือความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่าง

ทำการทดลอง 3 ครั้ง แล้วนำค่าความเข้มข้นที่หาได้ในสารตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยดังสมการ

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

เมื่อ X = ความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างโดยเฉลี่ย
 X_1 = ความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่าง ทดลองครั้งที่ 1
 X_2 = ความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่าง ทดลองครั้งที่ 2
 X_3 = ความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่าง ทดลองครั้งที่ 3

และหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อดูการกระจายของข้อมูลที่ทดลองได้ว่า มีการกระจายมากน้อยเพียงใด โดยใช้สมการ

$$\text{S.D.} = \sqrt{X/N}$$

เมื่อ S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X = ความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างเมื่อทำการทดลองที่ครั้งใด ๆ
 N = จำนวนครั้งของการทดลอง

3.4 สถานที่ทำการวิจัย

สถาบัน เทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ คณะวิทยาศาสตร์
แผนกเคมีปฏิบัติการ

3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตุลาคม 2544 ถึง กุมภาพันธ์ 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การหาค่าเวลารีเทนชันของเมธานอลในสถานะที่เหมาะสมของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีโดยเลือกใช้สารมาตรฐานเมธานอลเข้มข้น 220.76 ppm ฉีดเข้าเครื่องโครมาโทกราฟี 10 ครั้ง ครั้งละ 2.0 ไมโครลิตร

โดยใช้สภาวะของเครื่องโครมาโทกราฟีดังนี้

อุณหภูมิของจุดฉีดสาร	170 °C
อุณหภูมิของคอลัมน์	150 °C
อัตราการไหลของแก๊สพา (N)	40 มิลลิลิตรต่อนาที
ความเร็วของกระดาศ (speed)	10 มิลลิลิตรต่อนาที
แอทเทนนิวเอชัน (attenuation)	0

ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเวลารีเทนชันของเมธานอล

ความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานเมธานอล(ppm)	ค่าเฉลี่ย (นาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
220.7576	2.45	0.03

จากการทดลองหาเวลารีเทนชันของเมธานอล ได้ค่าเฉลี่ยของเวลาเท่ากับ 2.45 นาที หมายความว่าตั้งแต่เริ่มฉีดสารตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ เมธานอลจะถูกแยกออกมาได้ที่เวลาหลังจากฉีดสารนั้น 2.45+0.03 นาที

4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณเมธานอล จากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลแอสพาร์เทม ที่เก็บรักษาในสภาพปิด

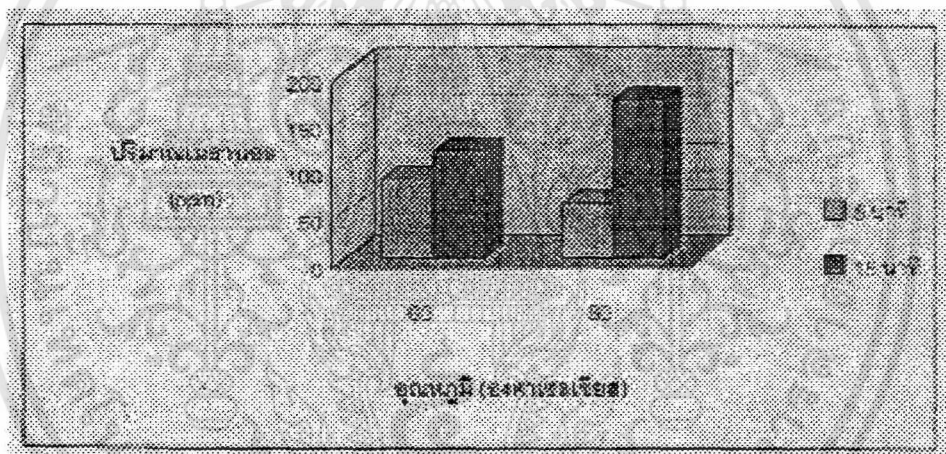
4.1.2.1 น้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัท อีควอล (Equal)

ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีด 2.0 ไมโครลิตร

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเมธานอลที่เปลี่ยน จากน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอล ที่เก็บรักษาในสภาพปิด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60 °C	5	85.33	42.44
	15	116.67	28.87
80 °C	5	59.33	4.51
	15	170.00	25.98

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 25° C ไม่สามารถหาความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างได้ เนื่องจากโครมาโทแกรมของเมธานอลไม่ปรากฏ



ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอล จากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่เก็บ รักษาในสภาพปิด

จากการวิเคราะห์ปริมาณเมธานอลที่เกิดจากน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่10 พบว่า ตัวทำละลายอุณหภูมิ 80° C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้มากที่สุดเท่ากับ 170.00 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 25.98 และที่อุณหภูมิตัวทำละลาย 80 °C ระยะเวลา 5 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้น้อยที่สุดเท่ากับ 59.33 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.51

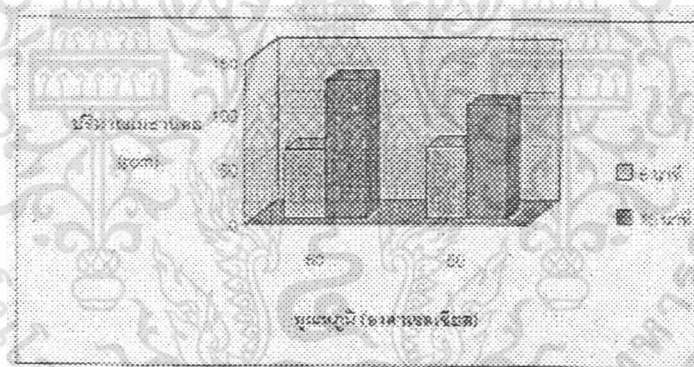
น้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัท ฟิตเน่

ปริมาณสารที่ฉีด 2.0 ไมโครลิตร

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองหาปริมาณเมธานอล จากน้ำตาลแอสพาร์เทมฟิตเน่ ที่เก็บรักษาในสภาพปิด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60 °C	5	63.33	7.64
	15	127.00	1.98
80 °C	5	65.00	2.08
	15	104.33	1.97

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 25 °C ไม่สามารถหาความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างได้ เนื่องจากโครมาโทแกรมของเมธานอลไม่ปรากฏ



ภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอล จากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมฟิตเน่ ที่เก็บรักษาในสภาพปิด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลที่เกิดจากน้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัทฟิตเน่ที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 11 พบว่า ตัวทำละลายอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้มากที่สุดเท่ากับ 157.00 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.98 และที่อุณหภูมิตัวทำละลาย 60 °C ระยะเวลา 5 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้น้อยที่สุดเท่ากับ 63.33 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอลจากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลแอสพาร์เทมที่เก็บรักษาในสภาพเปิด

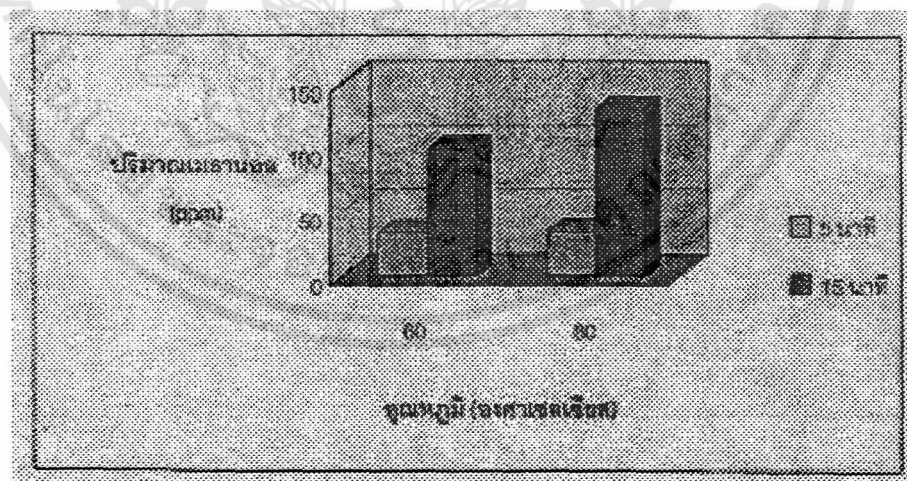
4.1.3.1 น้ำตาลแอสพาร์เทม อีควอล

ปริมาณที่ฉีด 2.0 ไมโครลิตร

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองหาปริมาณเมธานอล จากน้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัทอีควอล ที่เก็บรักษาในสภาพเปิด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60 °C	5	33.67	6.03
	15	100.00	0.00
80 °C	5	35.00	13.23
	15	131.00	9.64

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 25 °C ไม่สามารถหาความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างได้ เนื่องจากโครมาโทแกรมของเมธานอลไม่ปรากฏ



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอล จากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทม อีควอล ที่เก็บรักษาในระบบเปิด

จากการวิเคราะห์ปริมาณเมธานอลที่เกิดจากน้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัท

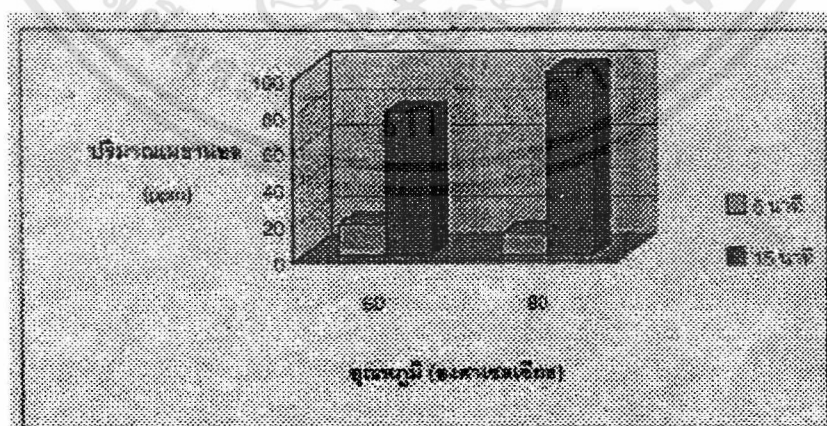
อีควอลที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพเปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 12 พบว่า ตัวทำละลายอุณหภูมิ 80 °C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้มากที่สุดเท่ากับ 131.00 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.64 และที่อุณหภูมิตัวทำละลาย 60 °C ระยะเวลา 5 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้น้อยที่สุดเท่ากับ 33.37 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.03

4.1.3.2 น้ำตาลแอสพาร์เทม พืคเน่ ปริมาณที่ฉีด 2.0 ไมโครลิตร

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดลองหาปริมาณเมธานอล จากน้ำตาลแอสพาร์เทมยี่ห้อพืคเน่ ที่เก็บรักษาในสภาพเปิด

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
60 °C	5	16.67	8.50
	15	78.67	9.29
80 °C	5	12.00	3.61
	15	100.00	0.00

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 25 °C ไม่สามารถหาความเข้มข้นของเมธานอลในสารตัวอย่างได้เนื่องจากโครมาโทแกรมของเมธานอลไม่ปรากฏ



ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอล จากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทมยี่ห้อพืคเน่ ที่เก็บรักษาในสภาพเปิด

จากการวิเคราะห์ปริมาณเมธานอลที่เกิดจากน้ำตาลแอสพาร์เทมบริษัทพิตเน่ที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพเปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60 °C และ 80 °C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7 และ ภาพที่ 13 พบว่า ตัวทำละลายอุณหภูมิ 80 °C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้มากที่สุดเท่ากับ 100.00 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 และที่อุณหภูมิตัวทำละลาย 80 C ระยะเวลา 5 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้น้อยที่สุดเท่ากับ 12.00 ppm ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.61

4.2 วิจารณ์ผลผลการทดลอง

การเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลที่ได้จากการสลายตัวของน้ำตาลแอสพาร์เทม ในน้ำตาล ตัวอย่างทั้ง 2 บริษัท อีควอล และ พิตเน่ ได้ผลการทดลองดังนี้ น้ำตาลแอสพาร์เทมทั้ง 2 บริษัทที่เก็บตัวอย่างจากซูปเปอร์มาเก็ต ที่นำมาเก็บรักษาในสภาพต่างกัน คือ ในสภาพปิด (ในช่องปิดฉนวน) และในสภาพเปิด โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณเมธานอลที่วิเคราะห์ได้พบว่า ปริมาณเมธานอลที่วิเคราะห์ได้นั้นมีปริมาณต่างกัน โดยปริมาณเมธานอลที่ได้จากน้ำตาลแอสพาร์เทมการเก็บรักษา โดยทิ้งไว้ในสภาพเปิดจะมีปริมาณน้อยกว่าการเก็บไว้ในช่องเปิดฉนวนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทฤษฎีที่รายงานไว้ (Barry E. Homler, 1984:50-55) โดยน้ำตาลแอสพาร์เทมจะสลายตัวได้เมื่อสัมผัสกับความชื้นเพียงเล็กน้อยจากอากาศ ส่วนสาเหตุที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณเมธานอลในการเก็บรักษา โดยทิ้งไว้ในบรรยากาศน้อยกว่าในช่องปิดฉนวนเพราะน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่บรรจุอยู่ในช่องที่ปิดฉนวนนั้น ช่องที่บรรจุไม่สามารถป้องกันความชื้นจากบรรยากาศได้ 100 เปอร์เซ็นต์จึงทำให้มีความชื้นจากบรรยากาศเข้าไปในช่องของน้ำตาลได้ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่องน้ำตาลนี้วางไว้ในชั้นที่วางขายเป็นระยะเวลาานานมากหรือน้อยเท่าไร

ในการวิจัยพบว่า แอสพาร์เทมอีควอล และพิตเน่สลายตัวได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 80 °C ในสภาพเปิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานคือแอสพาร์เทมจะสลายตัวให้ฟีนิลอะลานิน กรดแอสพาร์ติก และเมธานอลได้เมื่ออุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป (ปทุมพร จิมอเนก 2529:20) แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่านั้น จะสลายตัวได้เหมือนกัน แต่ปริมาณการสลายตัวน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้และเมื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่แต่ระยะเวลาที่น้ำตาลแอสพาร์เทมอยู่ในตัวทำละลายต่างกันแต่ในสภาพปิดน้ำตาลแอสพาร์เทมพิตเน่ สลายตัวให้เมธานอลสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 15 นาที ซึ่งต่างจากแอสพาร์เทมอีควอลที่สลายตัวให้เมธานอลสูงสุดที่อุณหภูมิ 80 °C ทั้งนี้เพราะในกระบวนการเตรียม Aspartame เริ่มต้นจาก aspartic acid ที่ กลุ่มเอมีน (amine group) ถูก ป้องกัน (protect) ด้วย กลุ่มต่าง ๆ อาทิ benzylorycarbonyl group มาควบคู่(couple) กับ phenylalanine methyl ester ได้เป็น protected dipeptide ester ซึ่งเมื่อนำมากำจัด protecting group ออกไปจะได้ Aspartame ตาม

ต้องการ และวิธีการเตรียม Aspartame โดยวิธีใช้ ดีเอ็นเอสายผสม(recombinant DNA) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ปริมาณ Aspartame สูงและราคาถูก แต่ผลผลิตที่ได้คือแอสพาร์เทมเหมือนกัน แต่จากการวิจัยแอสพาร์เทมพีคเน่สลายตัวให้เมธานอลสูงสุดที่ 60 °C ในสภาพปิดทั้งนี้อาจเกิดการฉีดสารเข้าไปในเครื่อง GC ปริมาณไม่เหมาะสมและสม่ำเสมอเท่ากันทุกตัวอย่างทำให้ได้ผลที่คลาดเคลื่อน

การสลายตัวของแอสพาร์เทมเมื่อเก็บแอสพาร์เทมที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ชนิดอุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น (HTST) พบว่าแอสพาร์เทม อีควอล และ พีคเน่ สลายตัวให้ปริมาณเมธานอลสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำแอสพาร์เทมไปใช้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิสูงเช่น ขนมอบ ต่าง ๆ

ในการวิจัยมีปัจจัยหลายอย่างที่ควรคำนึงถึง นั่นคือความสามารถในการควบคุมสภาวะของเครื่องGC ต่างๆ ให้คงที่ทั้งนี้ การวิจัยได้ใช้วิธีการเติมสารมาตรฐาน (standard addition) เพื่อที่จะหาปริมาณแอลกอฮอล์ในสารตัวอย่าง ซึ่งถ้ามีการควบคุมที่ไม่คงที่ผลที่ได้รับจะแปรเปลี่ยนทำให้เกิดปัญหาเกิดขึ้นกับการวิเคราะห์ เช่น จะต้องใช้อัตราการไหลของแก๊สตัวพาคงที่ ต้องควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ และอุณหภูมิของจุดฉีดสารต้องทำให้คงที่ตลอดเวลาที่ทำการวิเคราะห์และอุณหภูมิที่ตั้งไว้นี้จะต้องไม่ทำให้สารที่สนใจจะวิเคราะห์สลายตัวไปเพราะถ้าฉีดสารตัวอย่างเข้าไปมาก ๆ เรียกว่าเกิด column overloaded ค่าที่ได้จะเปลี่ยนไปทำให้ค่ารีเทนชันผิดไป ดังนั้นควรใช้ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดให้เหมาะสมซึ่งปริมาณของสารตัวอย่างที่ฉีดนั้นยังขึ้นอยู่กับสภาพความไว (sensitivity) ของเครื่องตรวจวัดอีกด้วย โดยเครื่องตรวจวัดแต่ละเครื่องจะมีสภาพความไวแตกต่างกันไปอีกทั้งสภาพความไวของเครื่องตรวจวัดอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างทำการวิเคราะห์อยู่ได้

การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณการสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอลในน้ำตาลเทียมได้วิเคราะห์โดยอาศัยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งเทคนิคนี้เป็นวิธีสะดวกในการหาปริมาณเมธานอลที่เกิดขึ้นใช้เวลาในการวิเคราะห์ สะดวก และรวดเร็ว มีขั้นตอนในการหาปริมาณเมธานอลไม่ยุ่งยากซับซ้อนและได้ผลการวิเคราะห์ออกมาถูกต้องมากที่สุดเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์สารที่สนใจในปริมาณน้อย ๆ ได้

บทที่ 5

สรุปข้อและเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณและสลายตัวของแอสพาร์เทมไปเป็นเมธานอลในน้ำตาลเทียมสามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60°C และ 80°C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที พบว่าตัวทำละลายอุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลมากที่สุด เท่ากับ 170.00 ppm ส่วนที่เปลี่ยนไปน้อยที่สุดคือที่ 80°C 5 นาที มีปริมาณ 59.33 ppm

ส่วนในกรณีน้ำตาลแอสพาร์เทมพิตเน่พบว่าตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลมากที่สุด เท่ากับ 127.00 ppm ส่วนที่เปลี่ยนไปน้อยที่สุดคือที่ 60°C 5 นาที มีปริมาณ เมธานอล 63.33 ppm

กรณีน้ำตาลแอสพาร์เทมอีควอลที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพเปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60°C และ 80°C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที พบว่าตัวทำละลายอุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลมากที่สุด เท่ากับ 131.00ppm ส่วนที่เปลี่ยนไปน้อยที่สุดคือที่ 60°C 5 นาที มีปริมาณ 33.67ppm

กรณีน้ำตาลแอสพาร์เทมพิตเน่ที่ถูกนำมาเก็บรักษาในสภาพเปิดและใช้ตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 60°C และ 80°C ระยะเวลา 5 นาที และ 15 นาที พบว่าตัวทำละลายอุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 15 นาที แอสพาร์เทมจะเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลมากที่สุด เท่ากับ 100.00 ppm ส่วนที่เปลี่ยนไปน้อยที่สุดคือที่ 80°C 5 นาที มีปริมาณ 12.00 ppm

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า การนำน้ำตาลแอสพาร์เทมไปใช้ประโยชน์นั้นต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากซึ่งเริ่มตั้งแต่การเก็บรักษาน้ำตาลแอสพาร์เทม ควรจะเก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิดไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศ ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณน้ำตาลแอสพาร์เทมอาจเปลี่ยนไปเป็นเมธานอลได้และปริมาณแอสพาร์เทมจะน้อยลงเนื่องจากการสลายตัวเป็นผลให้น้ำตาลนั้นเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศแล้ว ก็ควรเก็บรักษาให้พ้นจากความร้อนและแสงแดด เพราะสิ่งเหล่านี้ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่เร่งให้น้ำตาลแอสพาร์เทมเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็วด้วย สิ่งสำคัญก็คือการนำน้ำตาลแอสพาร์เทมที่สลายตัวให้เมธานอลที่สลายตัวของแอสพาร์เทมในเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส สำหรับปริมาณเมธานอลที่ได้จากการสลายตัวของแอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาร์เทมในเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก จนไม่สามารถวัดหาปริมาณได้ด้วยเครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟีนั้น เมื่อบริโภคเข้าไปก็ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายจนถึงขั้นมีพิษได้ เพราะปริมาณเมธานอลที่ได้จากการสลายตัวนั้นน้อยมากนั่นเอง แต่ถึงกระนั้นก็ไม่ควรใช้น้ำตาลแอสพาร์เทมบ่อยครั้ง และไม่ควรรู้ใช้โดยไม่จำเป็น เพราะเมธานอลถึงแม้จะมีปริมาณน้อยมาก แต่ก็สามารถสะสมในร่างกายอยู่ในรูปของอัลดีไฮด์ซึ่งก็เป็นพิษต่อร่างกายได้เช่นกัน ถ้าสะสมไว้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งต่อไป ควรจะวิเคราะห์ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ถี่ขึ้น เพราะในการศึกษาในครั้งนี้มีระยะเวลาในการศึกษาจำกัด ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ที่อุณหภูมิและระยะเวลาได้มากนัก และคอลัมน์ที่ใช้ควรจะมีขนาดยาวของคอลัมน์ให้มากกว่า 2 เมตรขึ้นไป เพื่อให้โครมาโทแกรมที่ได้มีความสมบูรณ์ กล่าวคือให้ประสิทธิภาพการแยกสารแต่ละตัวที่สนใจมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น พีคที่ได้จะไม่ซ้อนทับกันแยกจากกันโดยอิสระสมบูรณ์ ดังตัวอย่างพีคในภาคผนวก มีการเหลื่อมกันของพีคตัวทำละลายกับพีคของสารที่สนใจ (เมธานอล)

นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์หาปริมาณเมธานอล ที่ได้จากการสลายตัวของแอสพาร์เทมได้ จากน้ำหวาน น้ำผลไม้กระป๋อง ผลไม้กระป๋อง ขนมหวาน หรืออาหาร เครื่องดื่มต่าง ๆ ที่มีรสหวาน และใช้น้ำตาลแอสพาร์เทมเป็นส่วนผสมด้วย

บรรณานุกรม

ธวัชชัย ศรีวิบูลย์. 2535. เคมีวิเคราะห์ 2. โรงพิมพ์สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ.

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ. 2535. อาหาร. ปีที่ 22. ฉบับที่ 3. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. : หน้า 1-4.

บุญพฤษย์ จาตุมาระ. 2522. วารสารวิทยาศาสตร์. ปีที่ 33. เล่มที่ 5. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. : หน้า 16-17.

ปทุมพร ฉิมอนก. 2527. กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ฉบับที่ 105. โรงพิมพ์สำนักข่าวพาณิชย์ กรมพาณิชย์สัมพันธ์ : หน้า 6-19.

ภูสิต ปุกมณี. 2538. การหาปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มน้ำอัดลม โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : หน้า 22-25

แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2535. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์. กรุงเทพฯ : หน้า 161-172.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุคนธ์ พานิชพันธ์. 2527. สารให้ความหวานชื่อแอสพาร์เทม. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 1 : หน้า 18-23.

อรวินท์ ไทรกี. 2535. เรื่องต้องรู้เพื่อชีวิตเคมีในบ้าน. สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. หอรัตนชัยการพิมพ์. กรุงเทพฯ. : หน้า 39-43.

Barry E. Homler. 2531. กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ. วารสาร
กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ฉบับที่ 116 : หน้า 9-10.

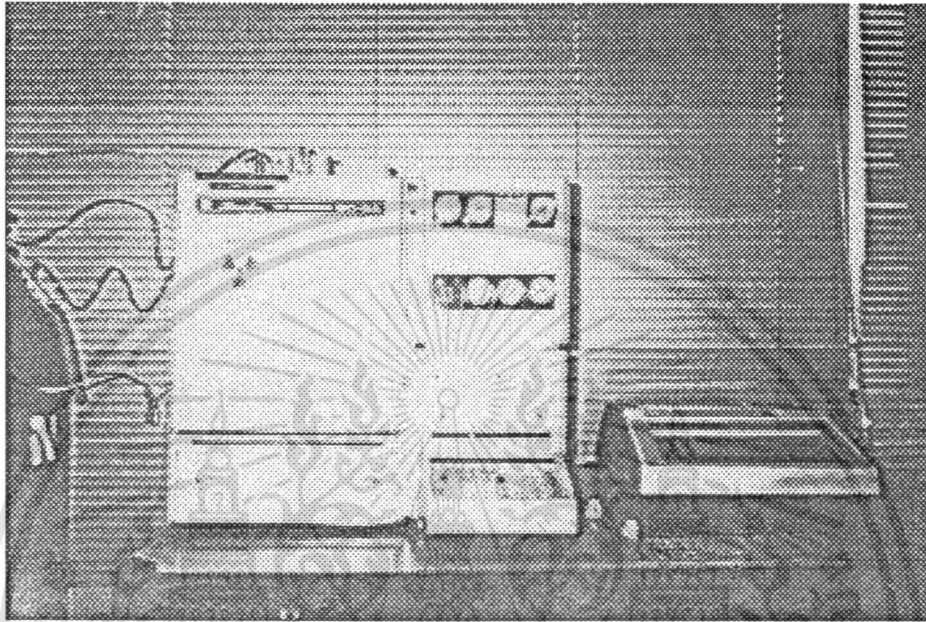


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

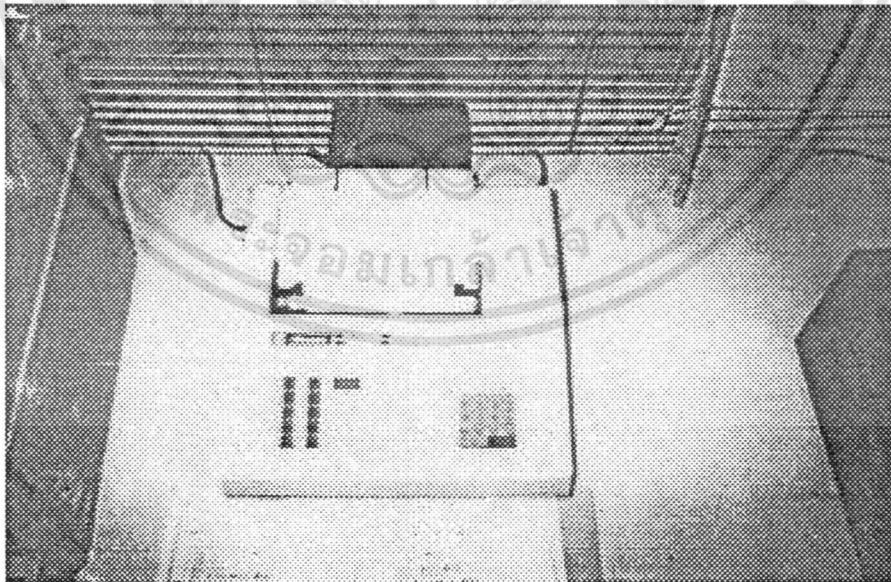


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก ก.

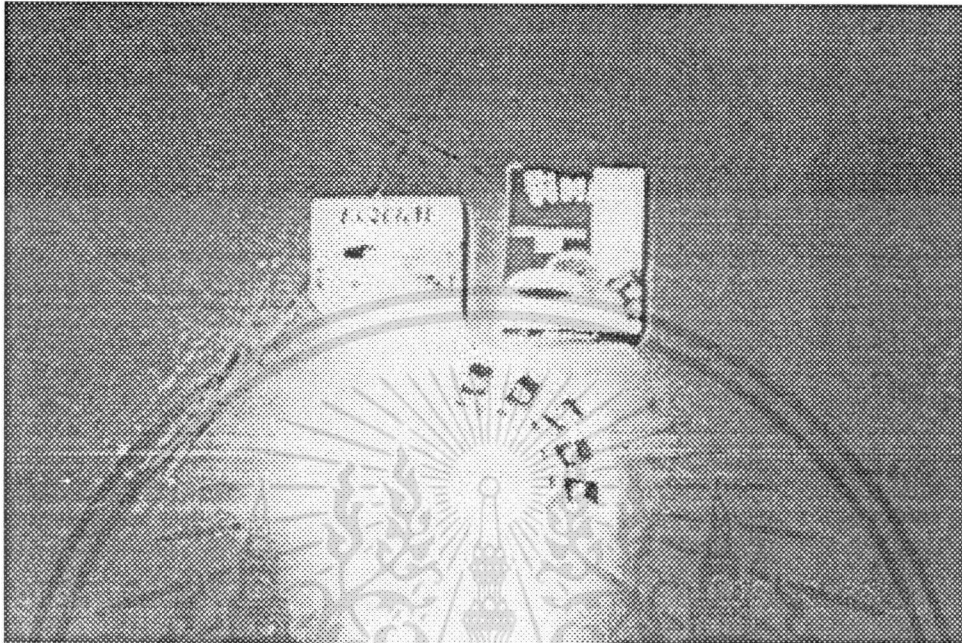


ภาพผนวก ก-1 เครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography) ยี่ห้อ shimadzu รุ่น GC-9A



ภาพผนวก ก-2 เครื่องมือบันทึก Tecorder ยี่ห้อ shimadzu รุ่น GC-R3A

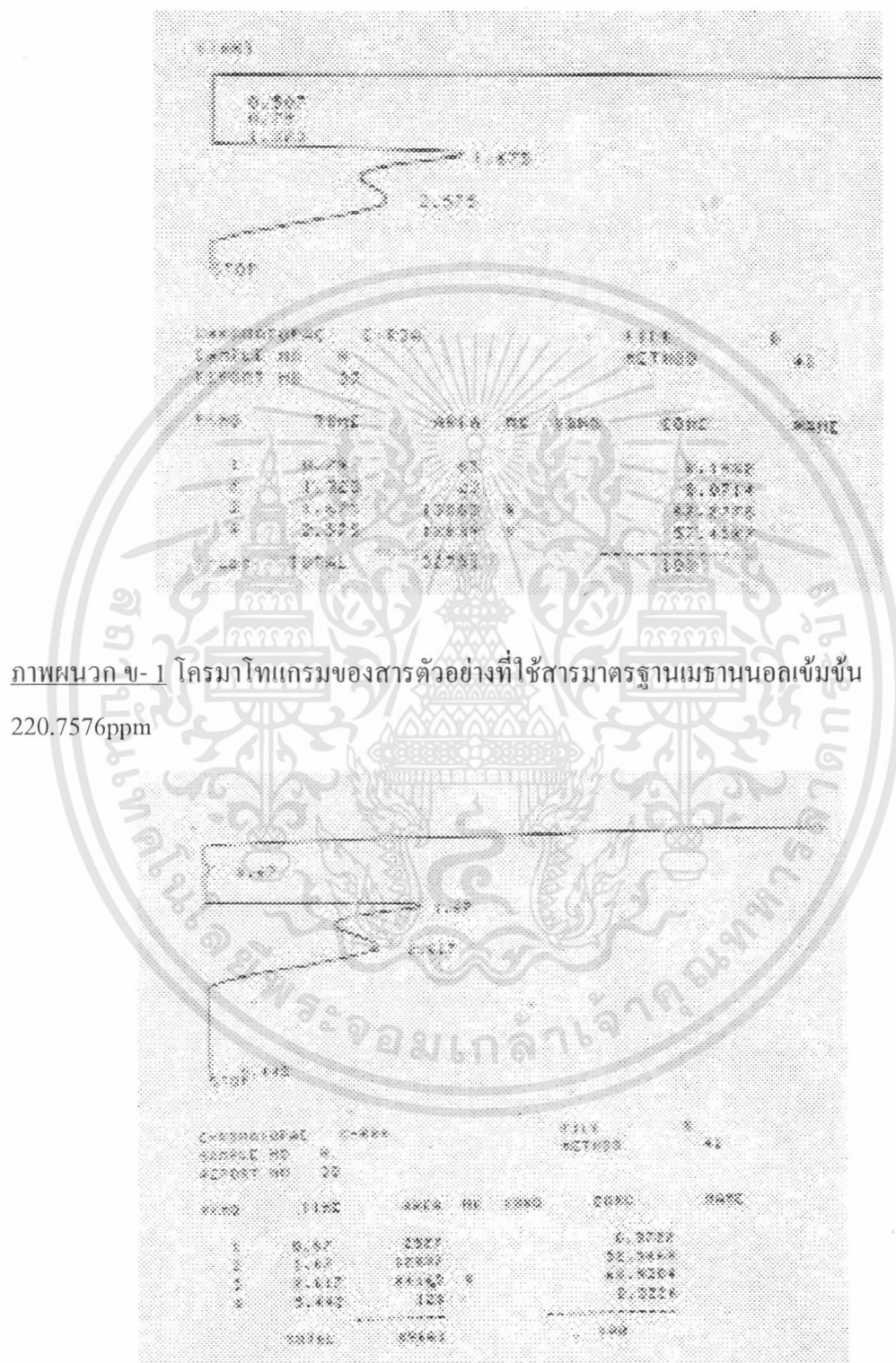
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวก ก-3 สารตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

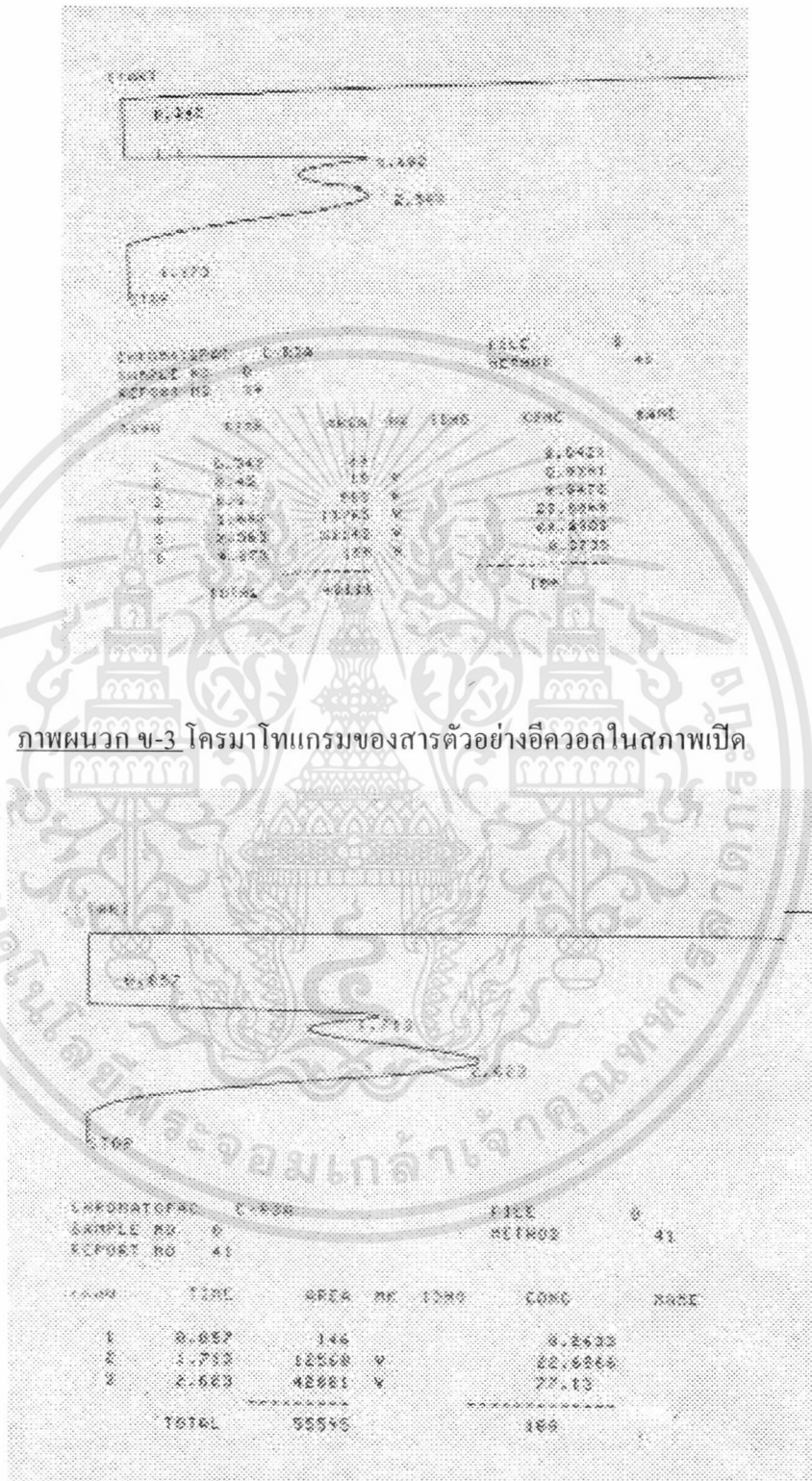
ภาคผนวก ข.



ภาพผนวก ข-1 โครมาโทแกรมของสารตัวอย่างที่ใช้สารมาตรฐานเมธานอลเข้มข้น 220.7576ppm

ภาพผนวก ข-2 โครมาโทแกรมของสารตัวอย่างอีควอลในสภาพปิด

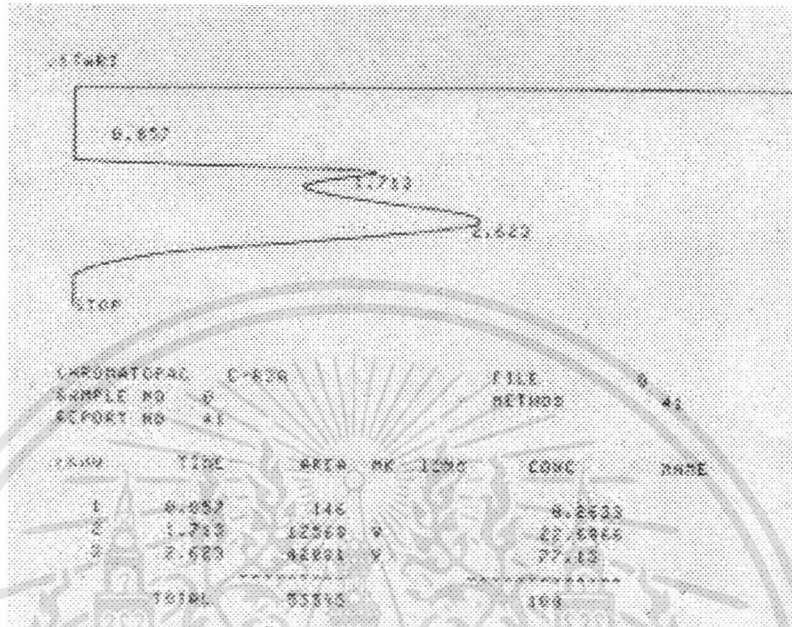
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



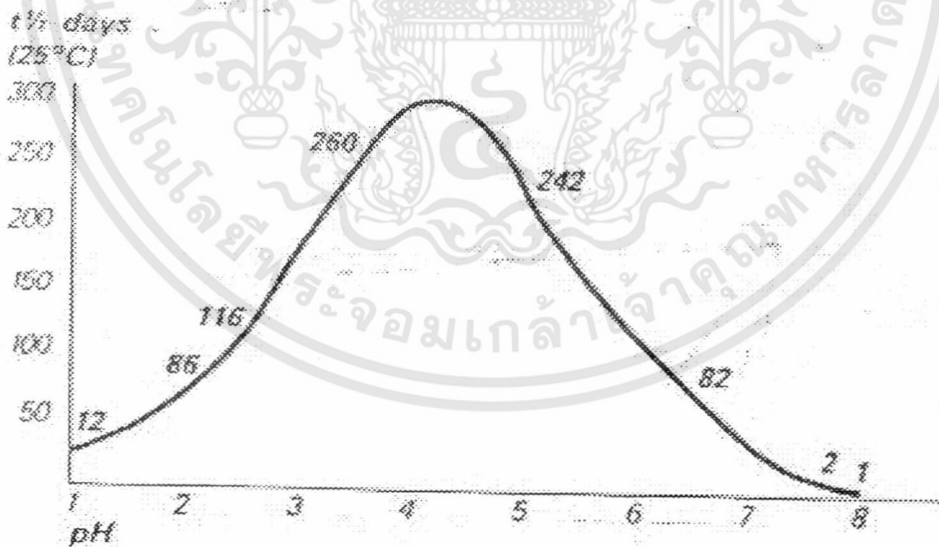
ภาพผนวก ข-3 โครมาโทแกรมของสารตัวอย่างอีกควอลในสภาพเปิด

ภาพผนวก ข-4 โครมาโทแกรมของสารพืดเนในสภาพปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวก ข-5 โครมาโทแกรมของสารฟิคนในสภาพเปิด



ภาพผนวก ข-6 ความคงตัวของแอสพาร์เทม ที่ 25° ซ. 1/2 แสดงถึงครึ่งชีวิตเวลาที่ใช้ในการทำให้แอสพาร์เทมสลายตัว 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้