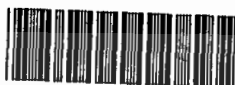


14605



โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์สมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร

COMPUTER PROGRAMMING FOR FOOD TEXTURE ANALYSIS



T096630



เลขหมู่.....
 เลขทะเบียน..... 96630
 วัน,เดือน,ปี..... 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์สมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร

COMPUTER PROGRAMMING FOR FOOD TEXTURE ANALYSIS

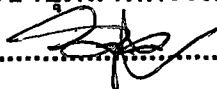
โดย

นาย กมล ไชวรัตน์พงศ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... กัดตั้ง บร ๑๖ 28/03/38 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(พงษ์ กัดตั้ง บร ๑๖)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... 

ACC. NO.....	23 พ.ค. 2538
Date Received.....	
Call No.....	

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ เดือน พ.ศ. 38

ร.พ.
ก 131 ๗

14605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
9 ส.ค. 2541

กมล โสวรัตน์พงศ์. 2538. : โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์สมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร (COMPUTER PROGRAMMING FOR FOOD TEXTURE ANALYSIS). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง, 56 หน้า.

โปรแกรมสำเร็จรูปได้รับการเขียนขึ้นด้วยภาษาปาสคาลเพื่อใช้วิเคราะห์ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ KMITL โปรแกรมนี้จะอ่านข้อมูลตัวเลขแรงกดอาหารที่บันทึกไว้ในแฟ้มข้อมูลตั้งแต่เริ่มวัดจนถึงสิ้นสุดการวัด แล้ววิเคราะห์กราฟของแรงกด (F) และระยะยกด (X) หาพารามิเตอร์ 3 ค่า คือแรงกดสูงสุดโดยเปรียบเทียบค่าแรงกดตลอดการวัดหรือในช่วงที่กำหนด พื้นที่ใต้กราฟโดยหาผลรวมของพื้นที่สี่เหลี่ยมใต้กราฟที่มีความกว้าง (ΔX) เท่ากับ 0.167 มิลลิเมตร และหาความชันระหว่างจุด 2 จุดที่กำหนดบนเส้นกราฟ การวิเคราะห์จะแสดงเป็นตัวเลขบนจอภาพหรือพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ ผลการทดสอบโปรแกรมด้วยการวิเคราะห์ลักษณะความกรอบ-เหนียวของหนังหมูทอดกรอบ วัดด้วย Puncture Probe หกเหลี่ยม แบบ KBP-35 ขนาด 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 21.65 ตารางมิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าค่าพื้นที่ใต้กราฟในช่วงตั้งแต่เริ่มกดจนถึงจุดแตกทำลายของหนังหมูทอดกรอบที่เก็บเป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นาย กิตติชัย บรรจง
ลายมือชื่อนักศึกษา

ดร.กิตติชัย บรรจง
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

28 / 03 / 38
วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำแนะนำตลอดจนให้คำอธิบายในการแก้ไขปัญหิต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ขอขอบคุณ นายเอกชัย รัตนดิลภชัย และนางสาวประภาพร ปัญญาณี ภาควิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 4 ที่ช่วยแก้ไข และออกแบบโปรแกรมบางส่วนที่มีปัญหาให้ รวมทั้งให้ยืมเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ใช้งาน นายวิรัช กิจเวดิน และนางสาวภกาชนัน ลัมภฤทธิ์ ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาสถิติประยุกต์ ที่ช่วยให้คำอธิบาย และให้ยืมหนังสือมาใช้ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ทุกคนที่ช่วยให้กำลังใจมาตลอด และท้ายที่สุด ขอขอบคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และเจ้าหน้าที่ธุรการทุกๆ ท่านที่ช่วยให้ความสะดวกในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

กมล โสวรัตพงศ์

มีนาคม 2538

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตารางและรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 ความหมาย	3
2.2 การวัดลักษณะเนื้อของอาหาร	4
3. วิธีการทดลอง	10
3.1 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้	10
3.2 โครงสร้างของระบบ	15
3.3 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้	17
3.4 การพัฒนาระบบ	23
4. การประเมินผลระบบ	24
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28
ก. ตัวโปรแกรมประกอบด้วย	29
ข. Source code	30
ประวัติผู้เขียน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางและรูป

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของลักษณะเนื้อสัมผัส	5
ตารางที่ 2 การแปลความหมายจากเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร	9
ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะความกรอบ-เหนียว	25
ของทั้งหมดที่ทดสอบ	

รูปที่ 1 หลักการของเครื่อง Foods Texturometer	8
รูปที่ 2 ลักษณะของกราฟที่วัดได้จากเครื่อง Foods Texturometer	8
รูปที่ 3 กราฟแรงกดและระยะกดของอาหาร	11
รูปที่ 4 กราฟแรงกดและระยะกด แสดงการหาพื้นที่ใต้กราฟ	13
รูปที่ 5 กราฟแรงกดกับระยะกดของอาหาร	14
แสดง Modulus of Elasticity	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารแบบ KMITL ซึ่งมีหลักการทำงานโดยวัดแรงที่กระทำต่อชิ้นวัสดุด้วยหัววัดแบบต่างๆ ได้แก่ Compression Probe, Puncture Probe และ Extrusion Probe ผลการวัดแสดงเป็นกราฟของแรงกดกับระยะกดหรือแรงกดกับเวลาบนจอภาพคอมพิวเตอร์ และบันทึกข้อมูลตัวเลขลงบนแผ่นงานแม่เหล็กอ่อน (กิตติชัย, 2537) ข้อมูลที่ได้ต้องนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อของอาหาร ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมประเภทสเปรดชีต เช่น Lotus 123 การวิเคราะห์ทำได้ช้าและอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องจากผู้ใช้ต้องมีความชำนาญในการใช้โปรแกรมสเปรดชีต นอกจากนี้การทำงานยังมีลักษณะเป็นข้อมูลตัวเลข ผู้ใช้ไม่สามารถเห็นภาพกราฟฟิคของข้อมูลในขณะวิเคราะห์ ทำให้อาจแปลความหมายของลักษณะเนื้อคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เพราะการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อของอาหารมักต้องอาศัยการพิจารณาจากกราฟแรงกับระยะกดประกอบด้วย

การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลเนื้อสัมผัสที่เขียนขึ้นโดยเฉพาะ จึงมีความจำเป็นเพื่อให้การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเนื้อของอาหารทำได้ถูกต้อง แม่นยำและสะดวกรวดเร็ว โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากนัก

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อของอาหารนี้เพื่อหาค่าต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อของอาหารจากกราฟแรงกดกับระยะกด ได้แก่ แรงกดสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟและความชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกราฟ ซึ่งอาจแสดงถึง ความแข็ง ความเหนียว และความยืดหยุ่นของอาหารตามลำดับ (Brennan, 1984)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่วัดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อของอาหารแบบ KMITL โดยมีการใช้งานที่สะดวก รวดเร็วสำหรับผู้ที่ใช้โดยทั่วไปและให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง เชื่อถือได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้ จะมีความสามารถอ่านค่าผลการวัดเนื้อสัมผัสของอาหารจากแฟ้มข้อมูลและนำไปสร้างเป็นภาพของกราฟแรงกดกับระยะกด เมื่อผู้ใช้งานกำหนดช่วงของกราฟที่ต้องการวิเคราะห์แล้วโปรแกรมจะหาค่าแรงกดสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟ และความชันระหว่างจุดสองจุดให้ แล้วแสดงผลทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมและวางเค้าโครงของโปรแกรม
- 1.4.2 เขียนโปรแกรมส่วนอ่านข้อมูล คำนวณ และแสดงผล
- 1.4.3 ปรับปรุงโปรแกรมส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้ให้มีรูปแบบที่ใช้งานง่าย
- 1.4.4 ตรวจสอบการวิเคราะห์และคำนวณผล
- 1.4.5 ทดสอบการใช้งานเพื่อหาจุดบกพร่องและแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ความหมาย

ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดจากโครงสร้างพื้นฐานของอาหาร โดยที่เราสามารถรับรู้ได้ทางประสาทสัมผัสและเครื่องมือกลที่ใช้วัด

Szczesniak (1963) ได้แบ่งประเภทของกลุ่มค่าทางด้านลักษณะเนื้อไว้เป็น 3 ประการด้วยกัน ดังนี้

1. ลักษณะเชิงกล จะสัมพันธ์กับปฏิกิริยาของอาหารต่อความเค้นและสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีกเป็น ลักษณะหลัก (Primary parameters) ได้แก่ Hardness, Cohesiveness, Viscosity, Elasticity และ Adhesiveness กับ ลักษณะรอง (Secondary parameters) ได้แก่ Brittleness, Chewiness และ Gumminess

2. ลักษณะทางรูปร่าง สัมพันธ์กับขนาด, รูปร่าง และ การจัดเรียงตัวของอนุภาคภายในอาหาร

3. ลักษณะอื่นๆ ที่สัมพันธ์กับการรับรู้ถึงความชื้นและไขมันที่มีอยู่ในอาหาร

ลักษณะเชิงกลดังกล่าว สามารถให้คำนิยามได้ดังต่อไปนี้

ความแข็ง (Hardness) : แรงที่ใช้จนเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด และรูปร่าง

ความเกาะตัวกัน (Cohesiveness) : ความแข็งแรงของพันธะภายใน ที่ก่อให้เกิดรูปร่างของผลิตภัณฑ์

ความหนืด (Viscosity) : อัตราการไหลต่อแรงที่กระทำ 1 หน่วย

ความยืดหยุ่น (Elasticity) : อัตราที่วัตถุที่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลง กลับคืนสู่สภาพเดิม หลังจากงดให้แรงกระทำ

ความยึดกัน (Adhesiveness) : งานที่ใช้ในการลดแรงดึงดูดระหว่างผิวของอาหารและผิวของวัตถุอื่นที่อาหารไปสัมผัสด้วย เช่น ลิ้น, ฟัน, เพดานปาก

ความเปราะ (Brittleness) : แรงที่เกี่ยวข้องกับการแตก หรือหักของวัตถุ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าของ Hardness และ Cohesiveness ในวัตถุที่เปราะแตกง่าย ค่า Cohesiveness จะต่ำ และค่า Hardness จะเพิ่มจากต่ำไปสูง

ความบดเคี้ยว (Chewiness) : พลังงานที่ต้องการ ในการบดเคี้ยวผลิตภัณฑ์อาหารแข็งจนสามารถกลืนได้ โดยสัมพันธ์กับค่าของ Hardness, Cohesiveness และ Elasticity

ความหนึบ (Gumminess) : พลังงานที่ต้องการในการบดเคี้ยวผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว จนสามารถกลืนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าของ Hardness และ Cohesiveness

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำทางลักษณะ เนื้อที่ผู้คนทั่วไปนิยมใช้ (Popular textural terms) กับกลุ่มคำที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

2.2 การวัดลักษณะเนื้อของอาหาร

เป็นการควบคุมหรือตรวจสอบผลิตภัณฑ์อาหาร ให้ได้ลักษณะตรงตามที่ต้องการ หรือบางครั้งทำเพื่อเป็นการวิจัยค้นคว้าหรือพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหาร ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วิธีการวัดที่ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร เราเรียกว่า วิธีการวัดโดยตรง (Objective Measurement) ผลที่ออกมาจะมีความถูกต้องตามลักษณะที่เป็นจริง การวัดลักษณะเนื้อแบบนี้อาจเรียกว่าวิธีการใช้เครื่องมือ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น วิธีการวัดแบบอิงปฏิบัติ (Empirical Methods) กับวิธีการวัดแบบอิงทฤษฎี (Imitative Methods)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของลักษณะเนื้อสัมผัส (adapted from Szczesniak, 1963)

Primary parameters	Secondary parameters	Popular terms
<i>Mechanical Characteristics</i>		
Hardness		Soft, Firm, Hard
Cohesiveness	Brittleness	Crumbly, Crunchy, Brittle
	Chewiness	Tender, Chewy, Tough
	Gumminess	Short, Mealy, Pasty, Gummy
Viscosity		Thin, Viscous
Springiness		Plastic, Elastic
Adhesiveness		Sticky, Tacky, Gooey
<i>Geometrical Characteristics</i>		
Particle size and shape		Gritty, Grainy, Coarse
Particle shape and orientation		Fibrous, Cellular, Crystalline
<i>Other Characteristics</i>		
Moisture content		Dry, Moist, Wet, Watery
Fat content	Oiliness	Oily
	Greasiness	Greasy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วิธีการวัดแบบอิงปฏิบัติ (Empirical Methods) เป็นวิธีการวัดโดยใช้แรงกระทำต่อตัวอย่างอาหาร แรงที่ใช้มีอยู่หลายแบบด้วยกัน คือ

1.1) Puncture/penetration Test เป็นการใช้แรงกดเจาะลงไปยังตัวอย่างอาหารจนทะลุ ค่าที่ได้จะบ่งบอกถึง ความแข็ง(Hardness), ความแน่นเนื้อ (Firmness) และความเหนียว(Toughness)ของอาหาร ตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้ Fruit Pressure Testers, Bloom Gelometer, Boucher Jelly Tester, Cone Penetrometers และเครื่องมือที่มีหัววัดได้หลายอย่าง เช่น Lynch-Mitchell Maturometer และ Armour Tenderometer

1.2) Shear Test เป็นการวัดแรงเฉือนของใบมีดลงบนตัวอย่างอาหาร แรงสูงสุดที่ใช้จะบอกถึง ความเหนียว ลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous) หรือความแน่นเนื้อของวัสดุ เครื่องมือที่ใช้วิธีนี้ เช่น Warner-Bratzler Shear, Kramer Shear Cell และ FMC Pea Tenderometer

1.3) Compression Test เป็นการให้แรงกดลงไปบนวัตถุจนวัตถุมีการเปลี่ยนรูปร่างไป (Deformation) ค่าที่ได้จะบอกถึง ความเหนียว ความแน่นเนื้อของอาหาร Baker Compressimeter, Ball Compressor และ Firmness Meter เป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีนี้

1.4) Extrusion Test เป็นการใช้แรงดันตัวอย่างอาหารจนอาหารทะลักผ่านรูตะแกรงไปได้ ปริมาณตัวอย่างอาหารที่ทะลักผ่านไปได้ หรือแรงสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบจะบอกถึง ความแน่นเนื้อ ความเหนียว ความคงรูป (Consistency) ความแผ่กระจาย (Spreadability) ของอาหาร

1.5) Cutting คือ การใช้ใบมีดตัดอาหารและหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้หรือเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่างอาหาร บอกถึง ความแน่นเนื้อ ลักษณะเป็นเส้นใย ความคงรูป ของผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเครื่องมือ ได้แก่ Rotating-Knife Tenderometer และ FMBRA Biscuit Texture Meter

1.6) Flow และ Mixing ใช้ในการหาค่าความหนืด หรือความคงรูปของอาหารเหลว หรืออาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว Farinograph และ Amylograph เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

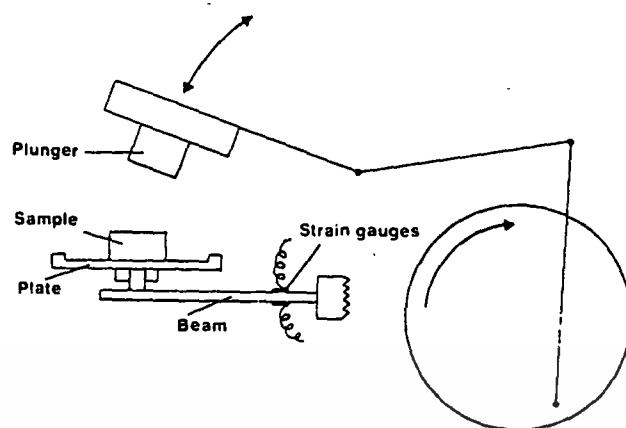
เครื่องมือที่ใช้วิธีนี้

1.7) Shear-Pressure เป็นการจำลองแรงที่เกิดจากฟันในปาก ซึ่งจะกดลงบนชิ้นอาหารก่อนแล้วจึงเกิดการเฉือนขึ้นอาหารตามมา ใช้หาค่าความแน่นเนื้อ ความนุ่ม (Tenderness) เครื่องมือที่ใช้วิธีนี้จะมิลักษณะคล้ายกับเครื่อง Tenderometer

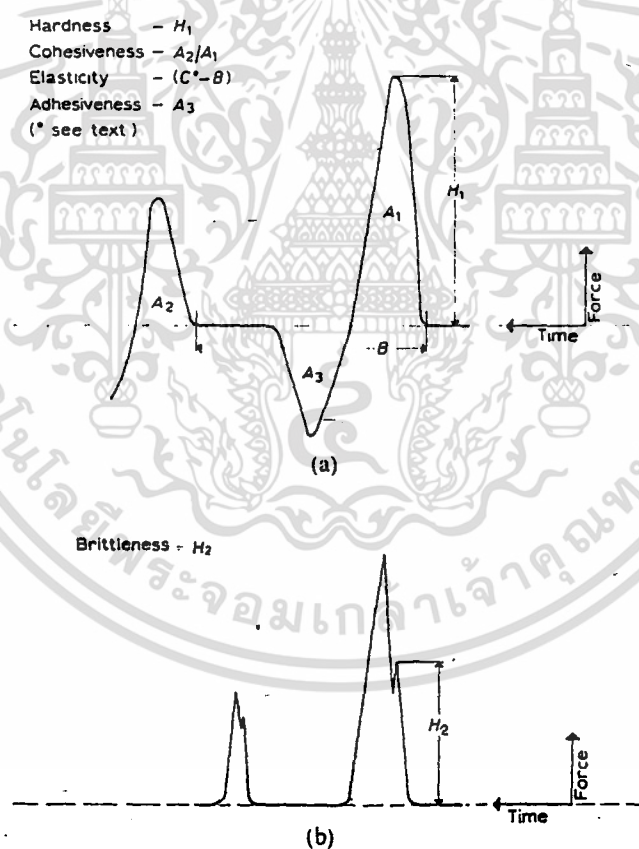
1.8) Tensile Strength เป็นการใช้น้ำแรงดึงต่อวัสดุจนยืดหรือฉีกออกจากกันเพื่อหาความเหนียวของตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นเส้น

2) วิธีการวัดแบบอิงทฤษฎี (Imitative Methods)

เป็นการจำลองลักษณะของการบดเคี้ยวในปากของมนุษย์ แทนที่จะวัดด้วยแรงกระทำต่อวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่งเช่นที่ใช้ในวิธีการวัดแบบอิงปฏิบัติ วิธีการนี้ใช้วิธีการศึกษากลไกการบดเคี้ยวอาหารในปากของมนุษย์ และพยายามสร้างเครื่องมือที่เลียนแบบการทำงานตามธรรมชาติให้ใกล้เคียงที่สุด เครื่องมือวัดแบบนี้ประกอบด้วยคานและหัววัดเป็นตัวกดตัวอย่างอาหารที่วางอยู่บนคานล่างที่ต่อกับ Strain Gauges โดยมอเตอร์ (รูปที่ 1) ค่าที่ได้เป็นค่ากระแสไฟฟ้า แล้วแปลงเป็นค่าของแรงกับเวลา นำมาสร้างกราฟ (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 1 หลักการของเครื่อง Foods Texturometer



รูปที่ 2 ลักษณะของกราฟที่วัดได้จากเครื่อง Foods Texturometer :

(a) non-brittle food; (b) brittle food.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 2 สามารถแปลความหมายได้ดังแสดงในตารางที่ 2 (Brandt et al., 1963; Szczesniak, 1963)

ตารางที่ 2 การแปลความหมายจากเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร

Hardness	Height of the first peak (H_1) normalised to a one-volt input (sample size specified)
Cohesiveness	Ratio of the area under the second peak to that under the first peak (A_2/A_1)
Springiness (Elasticity)	The difference between the distance B, measured from the initial sample contact on the second cycle, and the distance C, the same measurement made on a completely inelastic standard material such as clay (sample size specified)
Adhesiveness	The area, in arbitrary instrumental units (A_3), of the negative peak formed when the plunger is pulled from the sample (sample size and voltage input is specified)
Fracturability (Brittleness)	This is characterised by the multi-peak shape of the first cycle trace and is measured as the height of the first significant break in the peak (H_2), normalised to a one-volt input (sample size specified)
Chewiness	Hardness x Cohesiveness x Elasticity
Gumminess	Hardness x Cohesiveness x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้

กราฟแรงกดและระยะกด ที่ได้จากเครื่องวัดลักษณะเนื้อของอาหารแบบ KMITL มีลักษณะเช่นเดียวกับกราฟที่ได้จากเครื่องมือประเภทเดียวกัน เช่น Instron Universal Testing Machine กล่าวคือจะแสดงถึงลักษณะโดยรวมของแรงที่ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหารและกลไกที่แรงกระทำต่ออาหาร (ดังรูปที่ 3) การเปรียบเทียบกราฟแรงกดกับระยะกดของอาหารเพื่อแสดงถึงลักษณะเนื้อของอาหาร อาจทำได้โดยเปรียบเทียบค่าแรงกดสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟ หรือความชันของกราฟ ซึ่งอาจแสดงถึง ความแข็ง-นิ่ม ความเหนียว-เปราะ หรือความยืดหยุ่นของอาหาร (Brennan, 1984)

การหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกด (F , กิโลกรัม) และระยะกด (X , มิลลิเมตร) มี 3 วิธี คือ

- 1) การหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ (Maximum Force) หรือแรงกดที่จุดยอด (Peak Force) คือจุดสูงสุดบนกราฟ แรงกดกับระยะกด ซึ่งแสดงถึงแรงสูงสุดที่ต้องใช้ในการทำลายโครงสร้างของอาหารจนถึงจุดฉีกขาดทำลาย จนปรากฏให้เห็นได้ซึ่งแสดงให้เห็นด้วยจุดสูงสุดของกราฟรูปที่ 3 ซึ่งสามารถหาได้จากการตั้งค่าเงื่อนไขแล้วเปรียบเทียบค่าแรงที่บันทึกไว้เริ่มต้นกับค่าตัวแปรที่กำหนดไว้ ถ้าค่าแรงที่บันทึกมีค่ามากกว่าให้ทำการเก็บค่านั้นไว้ แล้วเปรียบเทียบกับค่าแรงที่บันทึกไว้ต่อไป ถ้าค่าถัดไปมีค่าน้อยกว่า

ให้เก็บค่านั้นไว้ที่อีกตัวแปรหนึ่ง ทำการเปรียบเทียบไปจนสุดข้อมูลที่ต้องการ ก็จะได้ค่าแรงกดสูงสุดที่ต้องการ

2) การหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งแสดงถึงงาน (กิโลกรัม.มิลลิเมตร) ทั้งหมดที่ทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นระยะทางที่กำหนดหรือจนโครงสร้างถูกทำลาย ซึ่งคือระยะทางตั้งแต่หัววัดเริ่มสัมผัสกับอาหารจนถึงจุดแรงกดสูงสุด ซึ่งแสดงด้วยพื้นที่แรเงาทั้งหมดในกราฟรูปที่ 4

ซึ่งได้จากการหาค่าผลบวกของพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ใต้กราฟ ตั้งแต่ค่าแรงที่บันทึกไว้เริ่มต้นจนถึงค่าแรงที่บันทึกไว้สุดท้ายทั้งหมด โดยพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ หาได้จากค่าเฉลี่ยระหว่างค่าแรงเริ่มต้นกับค่าแรงถัดไป คูณกับผลต่างของระยะทางระหว่างค่าแรงทั้งสอง

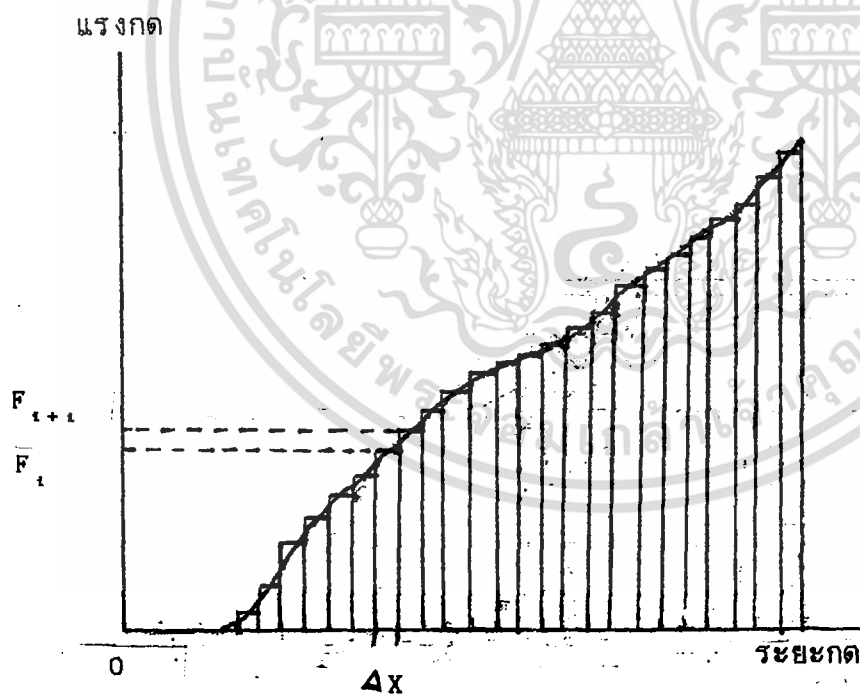
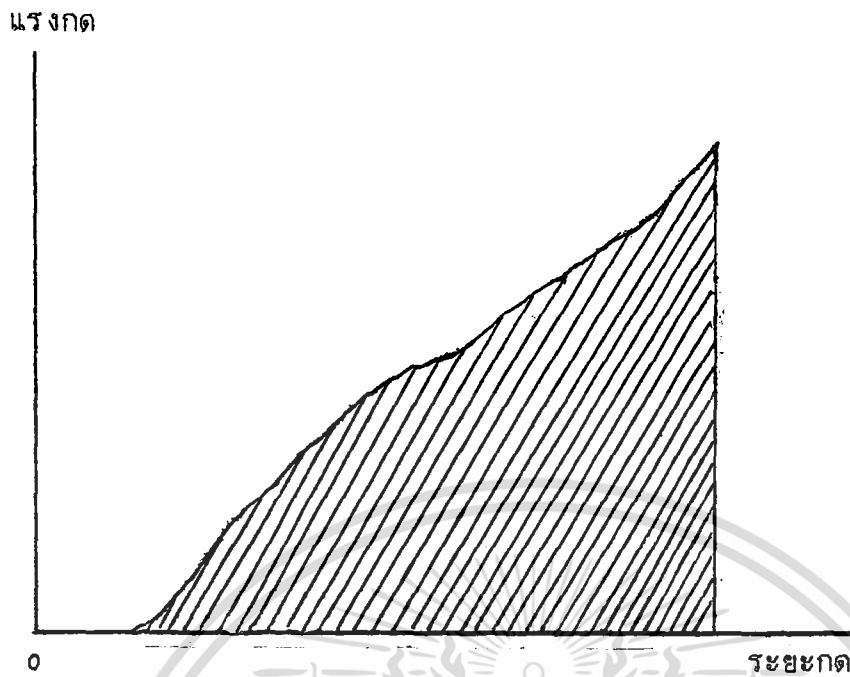
$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ} = \Delta X * \sum_{i=1}^n \frac{F_i + F_{i+1}}{2}$$

เมื่อ

$$\Delta X = \text{ระยะกวดจากแรง } F_i \text{ ถึง } F_{i+1} \text{ (มิลลิเมตร)}$$

$$\frac{F_i + F_{i+1}}{2} = \text{ค่าแรงกวดเฉลี่ยของ } F_i \text{ และ } F_{i+1} \text{ (กิโลกรัม)}$$

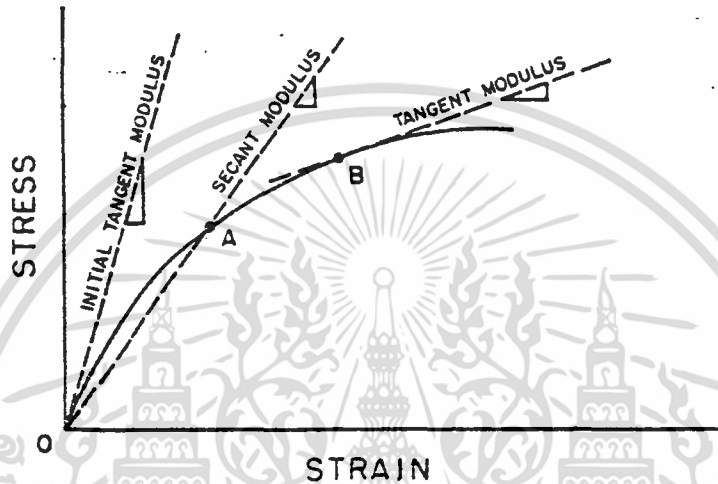
ΔX ที่ใช้ในโปรแกรมนี้มีระยะห่างเท่ากับ 0.167 มิลลิเมตร หรือคำนวณค่าทุกๆ 0.1 วินาที สำหรับการวัดที่มีความถี่การบันทึกข้อมูลเท่ากับ 10 เฮิรซ์ และความเร็วการเคลื่อนที่ของหัววัดเท่ากับ 10 เซนติเมตรต่อนาที



รูปที่ 4 กราฟแรงกดและระยะกด แสดงการหาพื้นที่ใต้กราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การหาค่าความชันของกราฟ ซึ่งอาจแสดงถึงความยืดหยุ่นของอาหาร (Modulus of Elasticity) เมื่อเป็นความชันของกราฟในช่วงเริ่มต้นการกวดที่เส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง หรือแสดงถึง Modulus of Elasticity แบบต่างๆ เมื่อเป็นความชันระหว่างจุดสองจุดบนเส้นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแรงกวดกับระยะกวดของอาหาร แสดง Modulus of Elasticity ที่มา Mohsenin 1980

ค่าความชันระหว่างจุดสองจุดบนเส้นกราฟหาได้จาก

$$\text{ความชัน} = \frac{F_2 - F_1}{X_2 - X_1}$$

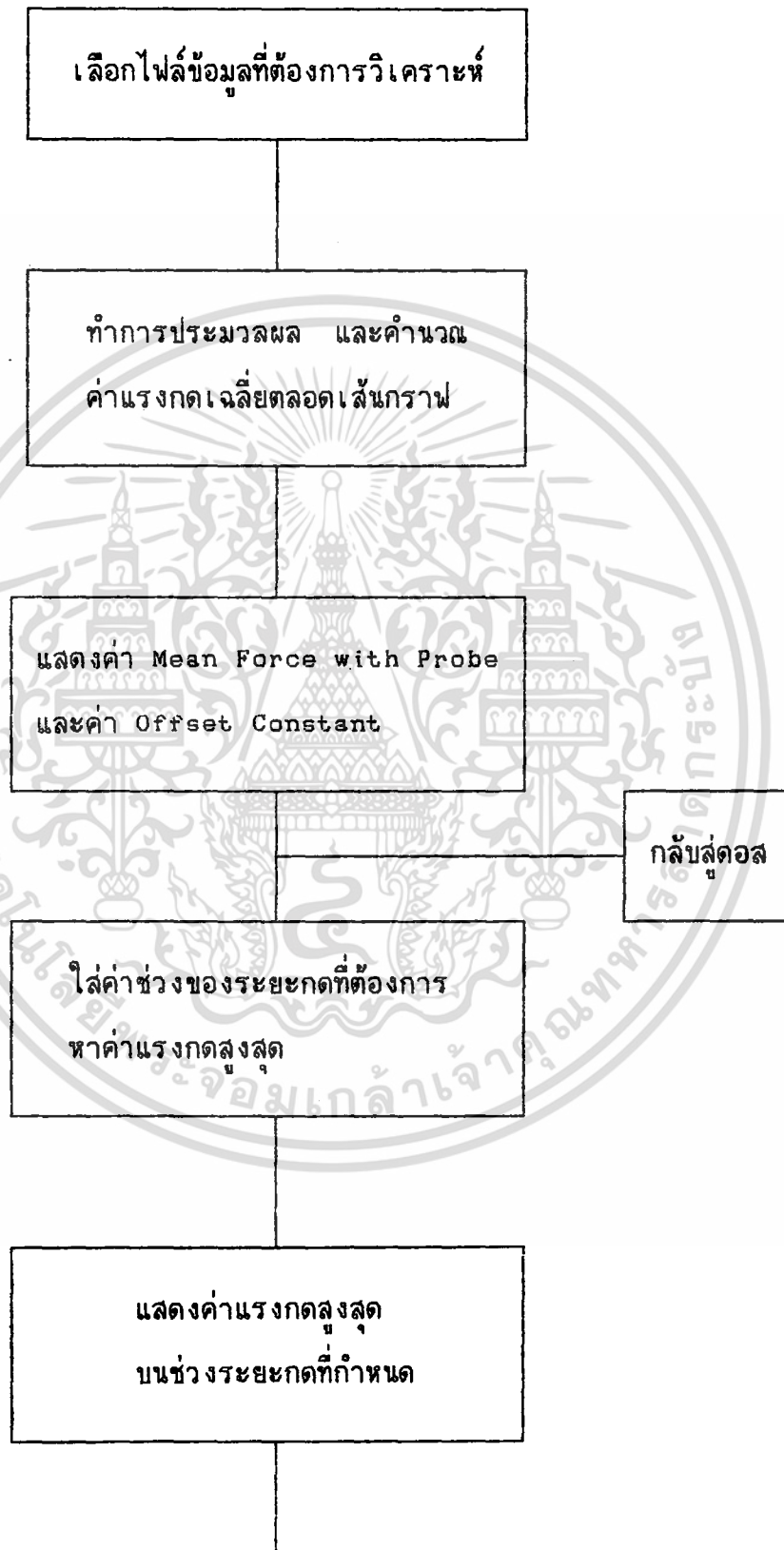
ค่าความชันมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อมิลลิเมตร

เมื่อ F_1 และ F_2 คือแรงกวดที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 บนเส้นกราฟ (กิโลกรัม)

X_1 และ X_2 คือระยะกวดที่จุด 1 และจุดที่ 2 บนเส้นกราฟ (มิลลิเมตร)

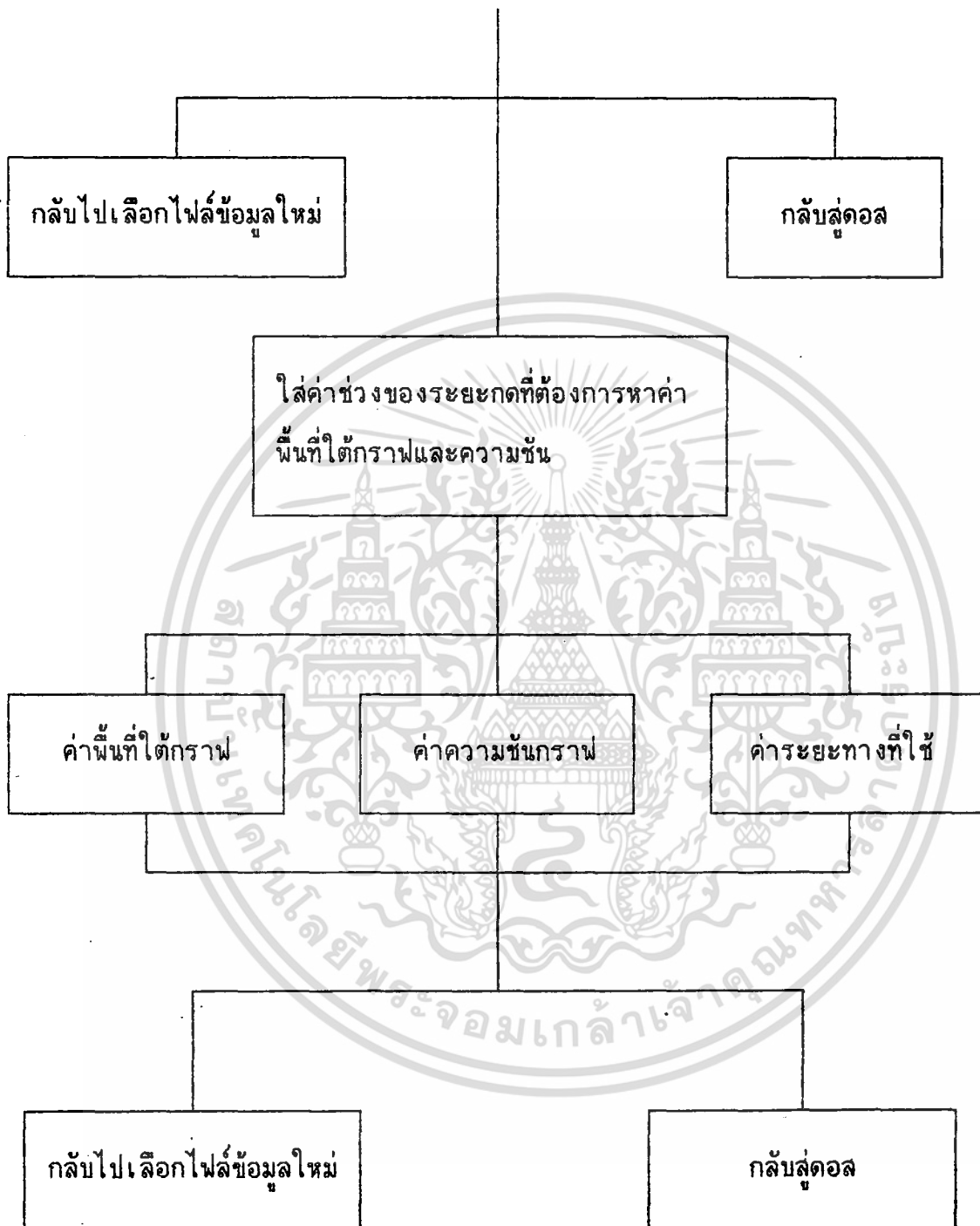
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างของระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

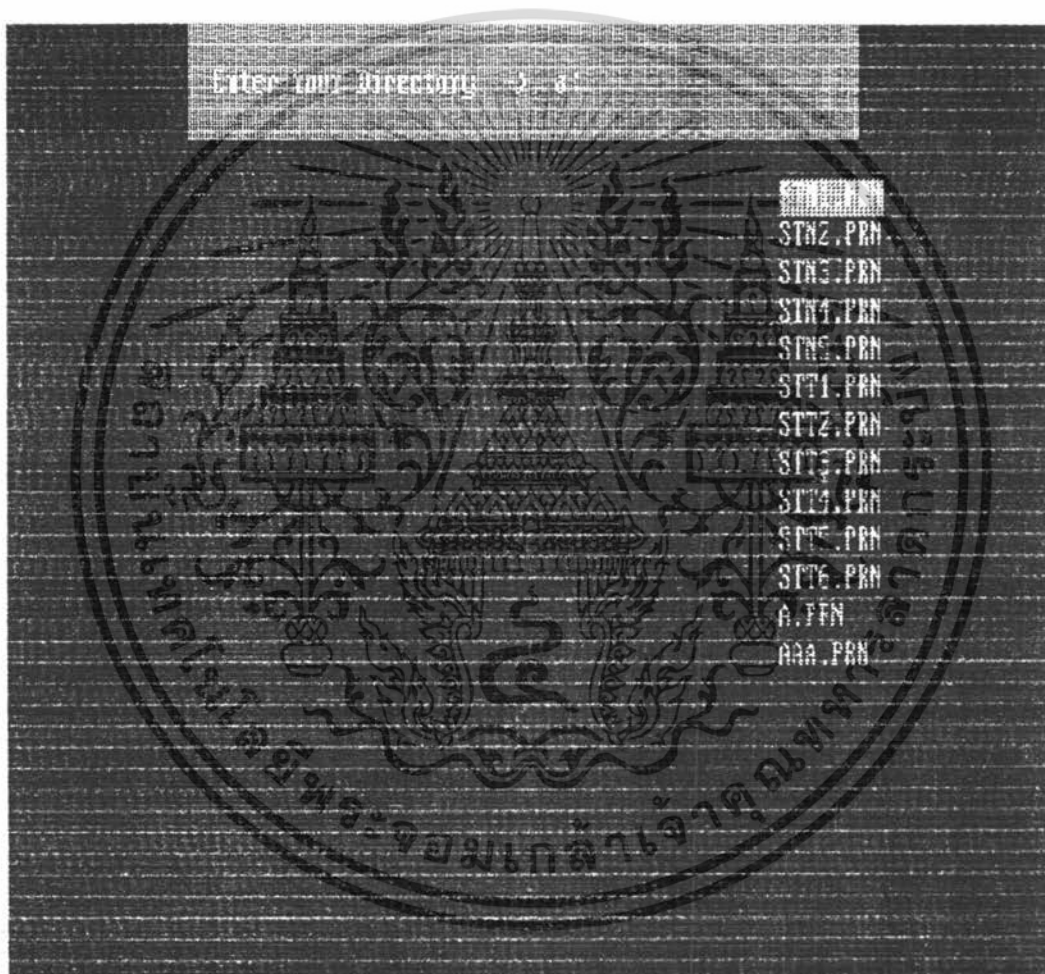
3.2 โครงสร้างของระบบ (ต่อ)



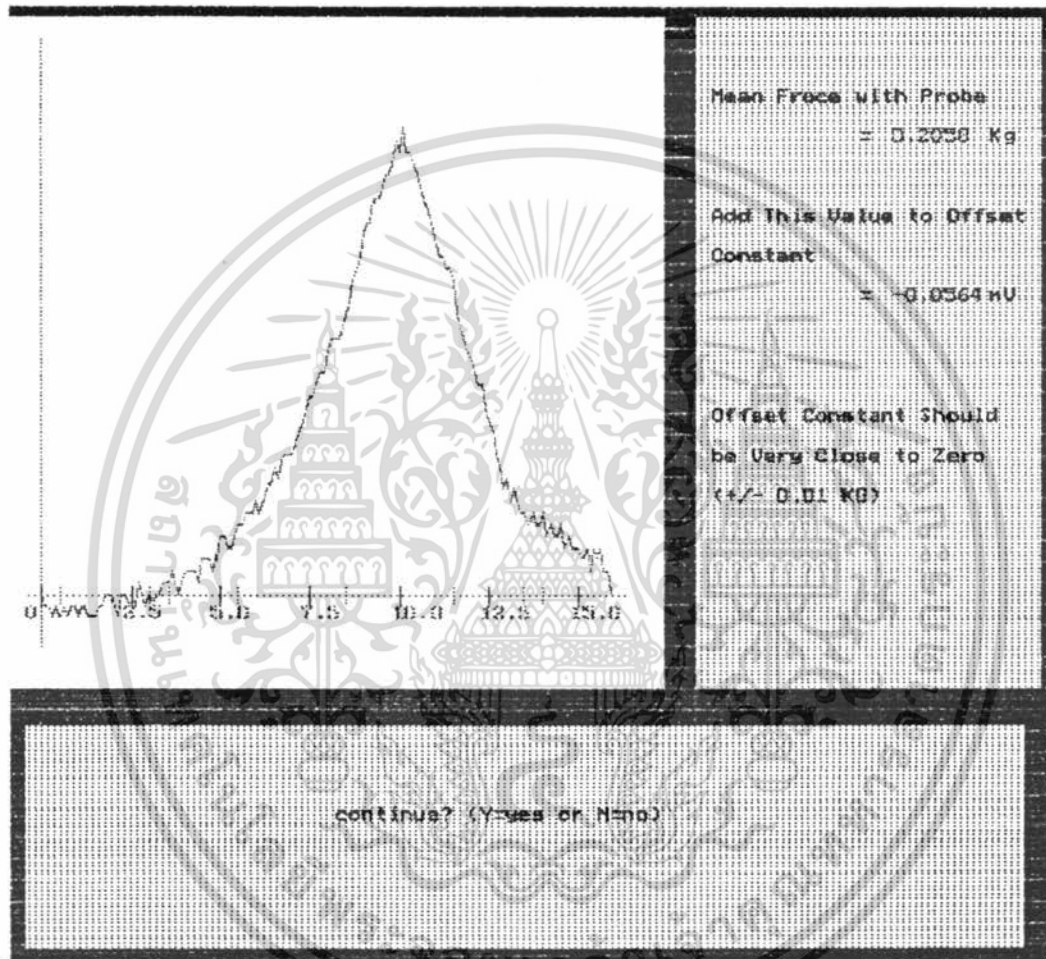
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

1. เรียกใช้โปรแกรม โดยพิมพ์ T_ANAL แล้วกด Enter
2. เมื่อเข้าแล้วจะปรากฏข้อความว่า " Enter Your Directory -> "
3. ให้ใส่ไดเรกทอรีที่เก็บข้อมูลอยู่พร้อมทั้งพิมพ์ :(Prompt) ต่อท้ายด้วย
4. เลือกไฟล์ที่ต้องการ โดยกดลูกศรขึ้น-ลง และกด Enter ที่ไฟล์ที่ต้องการ

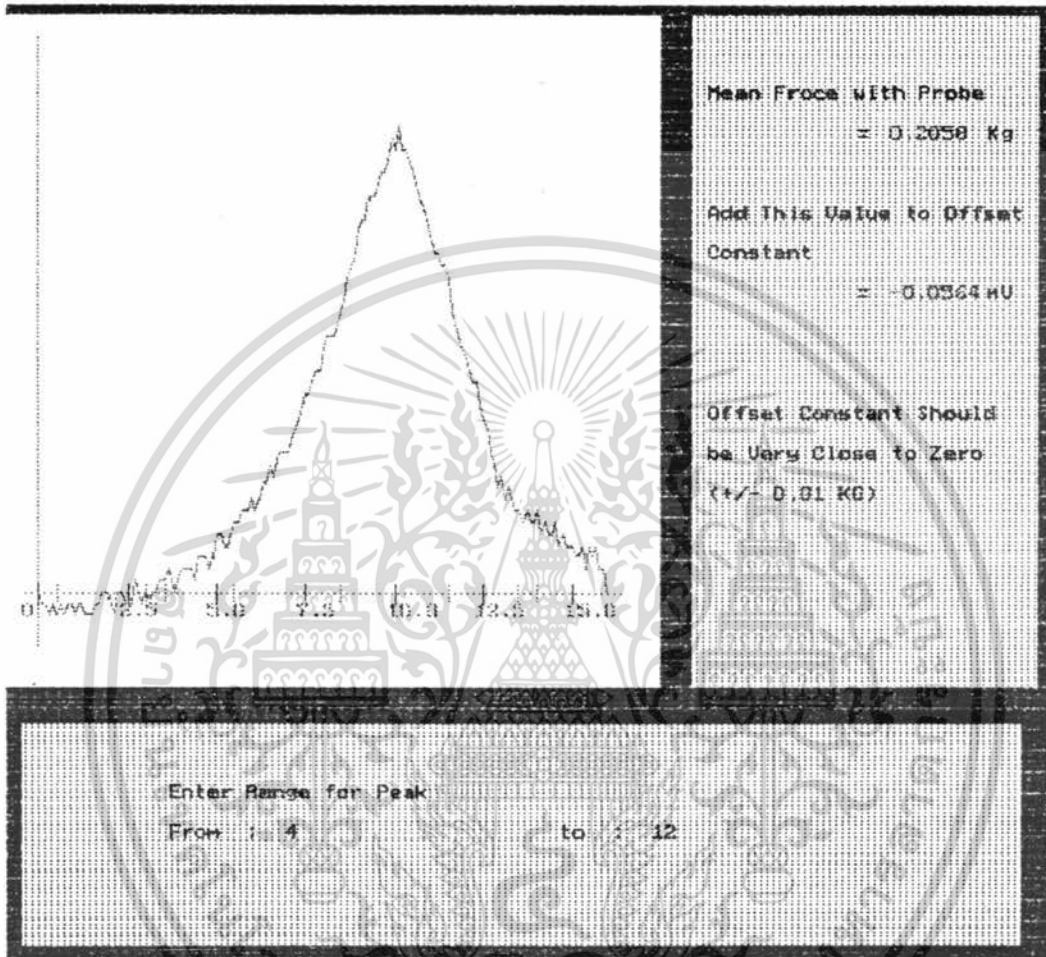


5. ค่า Mean Force with Probe และค่า Offset Constant จะปรากฏที่ช่องทางขวามือ
6. และที่ด้านล่างจะปรากฏข้อความว่า " Continue? (Y=yes or N=no)"
7. ถ้าต้องการกลับสู่จุดส ให้กด N ถ้าต้องการให้ทำงานต่อไป ให้กด Y



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. จากนั้นจะปรากฏข้อความ "Enter Range for Peak"
9. ให้ใส่ค่าของช่วงเวลาที่ต้องการหาค่า Peak แล้วกด Enter



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. จะปรากฏค่าของ Peak และ เวลาที่ตำแหน่งของ Peak

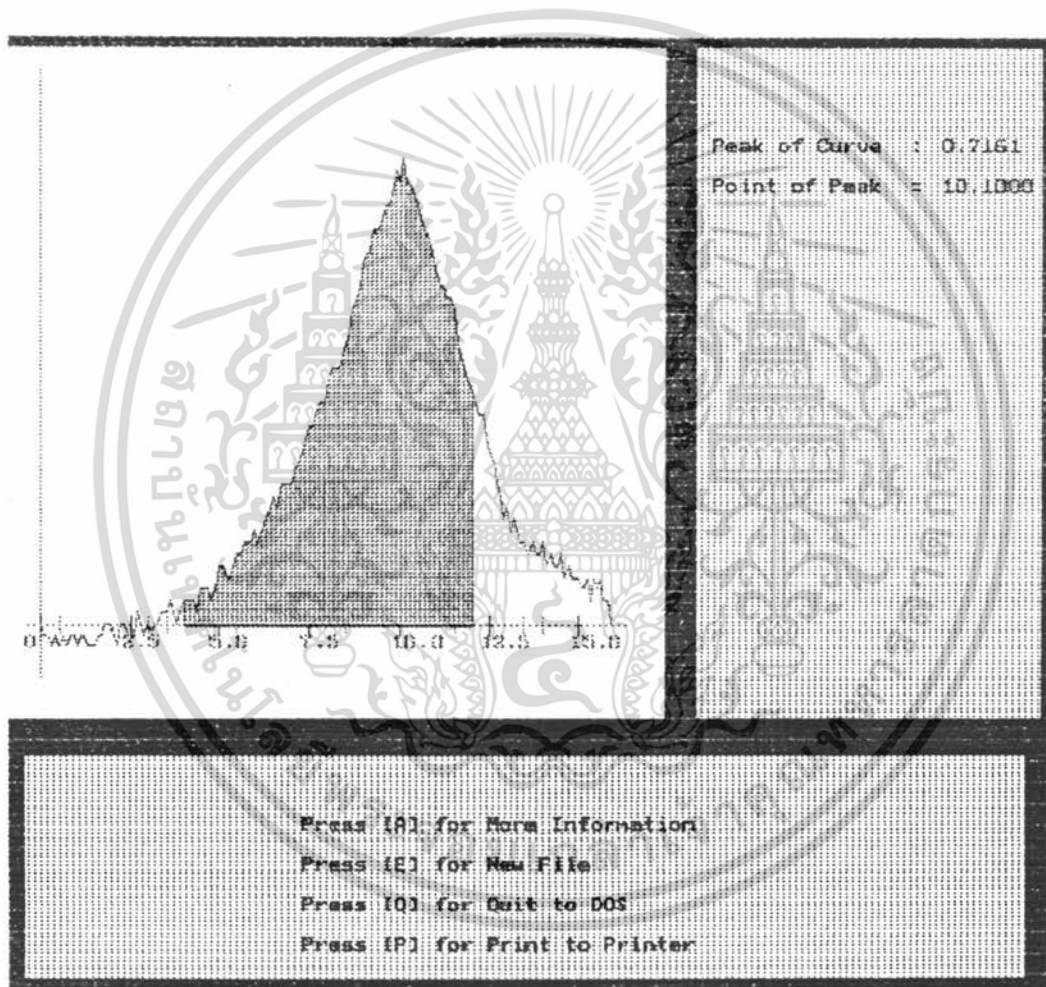
11. ด้านล่างจะปรากฏข้อความ

" Press [A] for More Information

Press [E] for New File

Press [Q] for Quit to DOS

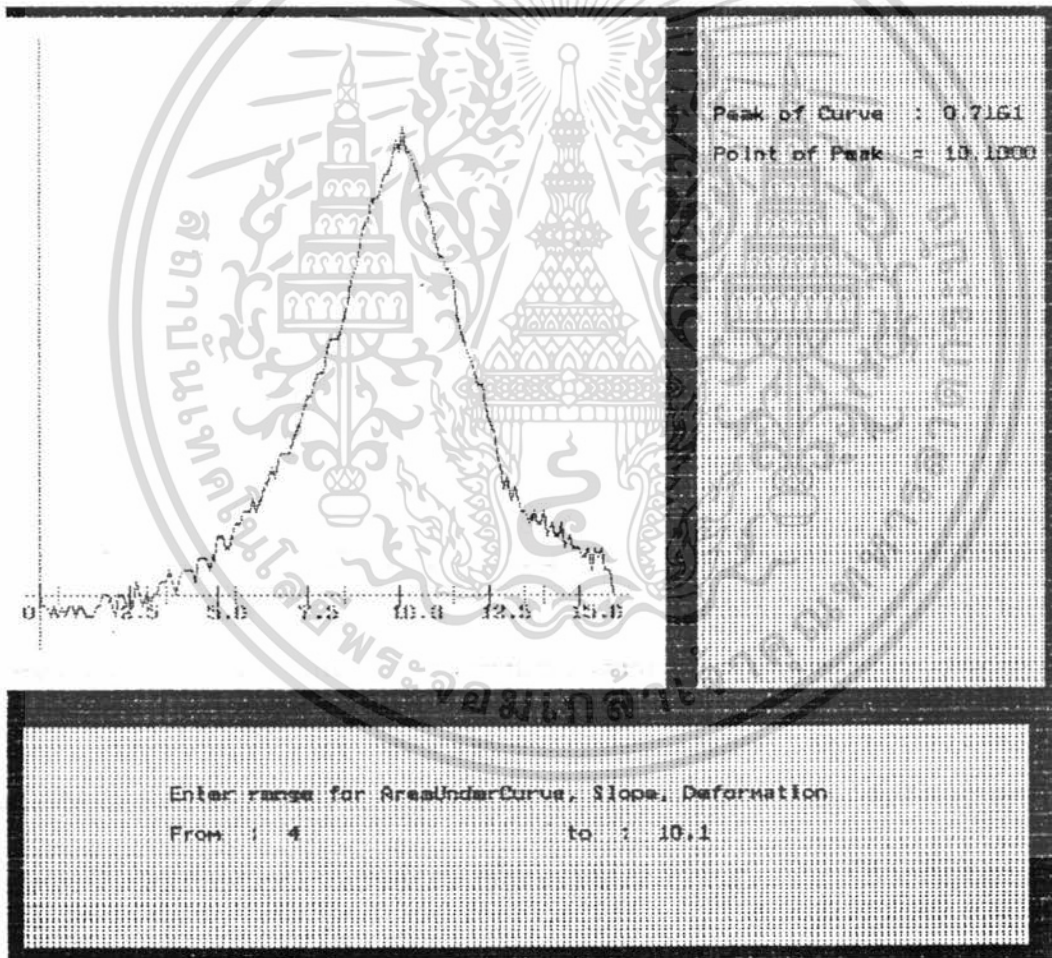
Press [P] for Print to Printer "



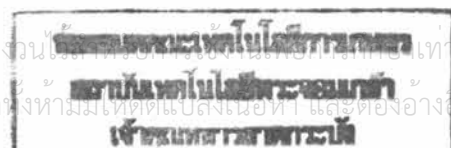
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



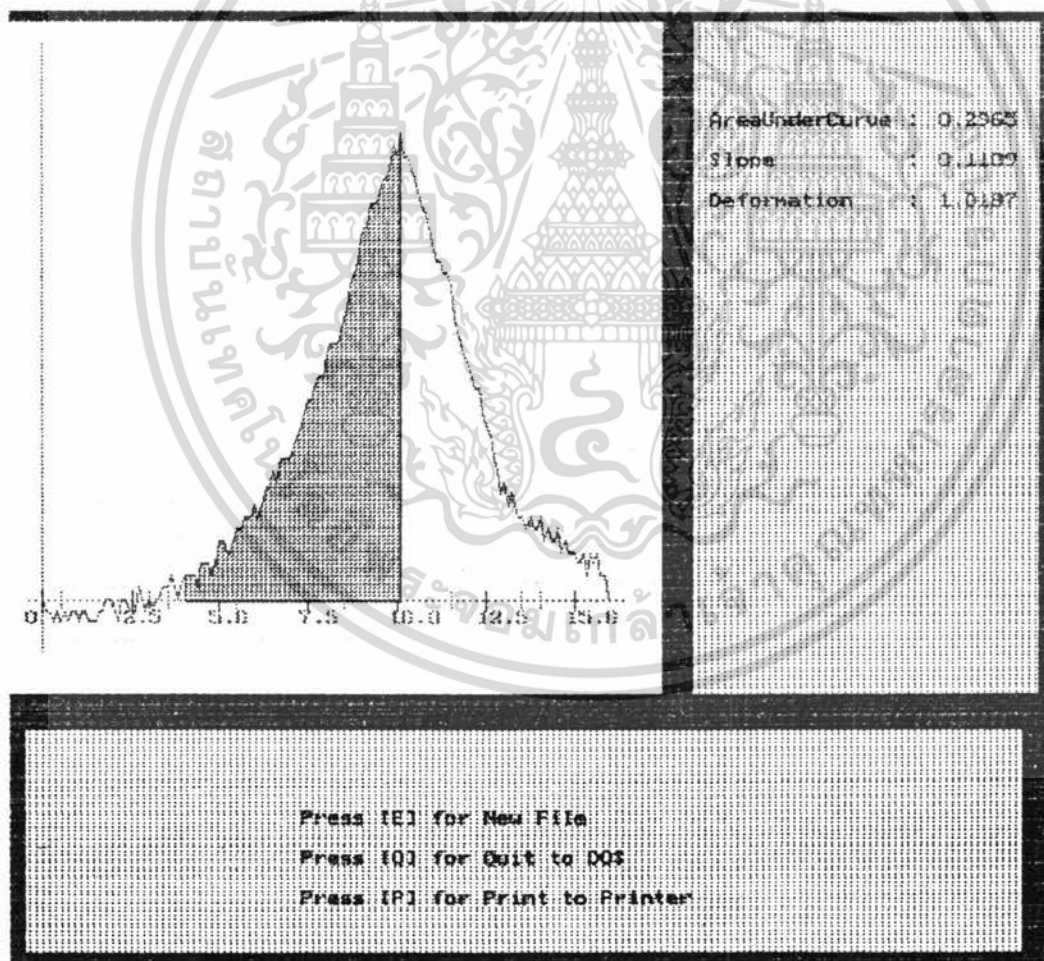
12. ถ้าต้องการหาค่า พื้นที่ใต้กราฟ ความชันของกราฟ และระยะทางที่ใช้ ตั้งแต่ผิวของตัวอย่างอาหารจนถึงจุดที่เกิดการหักหรือฉีกขาด ให้กด A
ถ้าต้องการเลือกไฟล์ใหม่ ให้กด E
ถ้าต้องการกลับสู่จุดสอล ให้กด Q
ถ้าต้องการให้พิมพ์ผลออกทางเครื่องพิมพ์ ให้กด P
13. ถ้ากด A จะปรากฏข้อความที่ด้านล่างว่า
"Enter range for AreaUnderCurve, Slope, Deformation"
14. ให้ใส่ค่าของช่วงเวลาที่ต้องการ แล้วกด Enter



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะสิ่งอื่นที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



15. ค่าของพื้นที่ใต้กราฟ ความชันของกราฟ และระยะทางที่ใช้จะปรากฏที่ช่องทางขวามือ
16. และปรากฏข้อความ
- " Press [E] for New File
- Press [Q] for Quit to DOS
- Press [P] for Print to Printer "
17. ถ้าต้องการเลือกไฟล์ใหม่ ให้กด R
- ถ้าต้องการกลับสู่ดอส ให้กด Q
- ถ้าต้องการให้พิมพ์ผลออกทางเครื่องพิมพ์ ให้กด P



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบใช้ภาษาปาสคาล (Pascal Language) ดังตัวอย่างข้างล่างนี้ โดยรายละเอียดของตัวโปรแกรม (Source Code) ในรูปภาษาปาสคาล จะแสดงในภาคผนวก

```

program Computer_Programming_for_Food_Texture_Analysis;
uses Crt,Dos,Graph,Printer;

const
    ScaleFactor = 3.647;
    Velocity    = 0.167;

type
    AForce = array [1..999] of Real;

var
    filvar    : text;
    fname,filename : string;

    time,fo      : real;

    top,ar,sl,defo : real;

    force       : AForce;

    vocab       : string;
  
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินผลระบบ

โปรแกรมนี้ได้นำไปทดลองให้ผู้ใช้วิเคราะห์ผลการวัดเนื้อสัมผัสของอาหารต่างๆ ในงานวิจัยของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร พบว่าผู้ใช้โดยเฉลี่ยสามารถทำงานวิเคราะห์ได้เร็วขึ้นกว่าการทำงานด้วยโปรแกรมสเปรดชีต นอกจากนี้ได้ทดสอบเนื้อสัมผัสของหนังหมูทอดกรอบเพื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 0 ถึง 2 เดือน ว่ามีผลอย่างไรต่อค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า คือ แรงกดสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟ และความชัน

ผลการทดสอบโปรแกรมด้วยการวิเคราะห์ลักษณะความกรอบ-เหนียวของหนังหมูทอดกรอบ วัดด้วย Puncture Probe หกเหลี่ยมแบบ KBP-35 ขนาด 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 21.65 ตารางมิลลิเมตร แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อลักษณะเนื้อของหนังหมูทอดกรอบ โดยแสดงได้ด้วยค่าพื้นที่ใต้กราฟในช่วงตั้งแต่ เริ่มกดจนถึงจุดแตกทำลายของหนังหมูทอดกรอบ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าแรงกดสูงสุดและความชันไม่แสดงให้เห็นความแตกต่างชัดเจน ในกรณีเช่นนี้แสดงว่าค่าแรงกดสูงสุดหรือค่าความชันอาจไม่เป็นตัวแทนแสดงลักษณะเนื้อของหนังหมูทอดกรอบ ในพื้นที่ใต้กราฟมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อมากกว่า

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะความกรอบ-เหนียวของหนังหมทอดกรอบ

ค่าพารามิเตอร์ ที่ได้จากกราฟ แรง-ระยะกด	ระยะเวลาที่เก็บ (เดือน)		
	0	1	2
ค่าแรงกดสูงสุด	7.58 ^a	12.47 ^b	6.29 ^a
ค่าพื้นที่ใต้กราฟ	1.42 ^a	2.64 ^b	4.45 ^c
ค่าความชื้น	3.57 ^a	4.99 ^a	0.68 ^b

จากการวัด 30 ครั้ง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ KMITL และแสดงผลเป็นรูปภาพแรงกดกับระยะที่กด ให้ผู้ใช้เลือกวิเคราะห์หาค่าแรงกดสูงสุด พื้นที่ใต้กราฟ และความชันของกราฟในช่วงที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์ผลที่วัดได้จากเครื่องวัดลักษณะเนื้อของอาหารแบบ KMITL โดยเมื่อเทียบกับการใช้โปรแกรม Lotus 123 แล้ว จะประหยัดเวลาและให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญในการใช้คอมพิวเตอร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป ควรจะมีการเพิ่มเติม Library ลงไป เพื่อทำหน้าที่เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานสำหรับตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด

5.2.2 ควรจะมีการศึกษาการทำงานของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหารแบบ KMITL เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่สามารถควบคุมการทำงานและวัดค่า รวมทั้งวิเคราะห์ผลได้ในโปรแกรมเดียว

เอกสารอ้างอิง

- กิตติชัย บรรจง. 2534. เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร. รายงานการวิจัยและพัฒนา ในโครงการหลักการพัฒนาางจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่ออุตสาหกรรม โดยเงินทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาประจำปีงบประมาณ 2534 เสนอต่อศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- ศุภมาศ ยี่งวงค์วิวัฒน์. 2536. การวัดเนื้อสัมผัสของสับปะรดโดยใช้แรงกดทะลุ. ปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุวิมล โชคชัยสวัสดิ์ และอดิศรา เรืองจิระชูพร. 2537. การประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าวอ่อนเพื่อการคัดเลือกคุณภาพ. ปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Bourne, M.C. 1982. Principles of objective texture measurement : Food texture and viscosity. New York : Academic press Inc.
- Brandt, M.A., Skinner, E.Z., and Coliman, j. 1963. Texture profile Method. J. Food Sci. 28 : 404.
- Brennan, J.G. 1984. Texture perception and measurement. In Sensory Analysis of Foods. Piggott, J.R. (Ed.), 59-91 pp. London : Elsevier Applied Science.
- Mohsenin, N.N. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York : Gordon and Breach Science Publishers.
- Szczesniak, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. J. Food Sci. 28 : 385-389.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวโปรแกรมประกอบด้วย

- 1) ไฟล์ T_ANAL.EXE
- 2) ไฟล์ EGAVGA.BGI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Source code

```
program Computer_Programming_for_Food_Texture_Analysis;  
uses Crt,Dos,Graph,Printer;
```

```
const
```

```
    ScaleFactor = 3.647;  
    Velocity     = 0.167;
```

```
type
```

```
    AForce = array [1..999] of Real;
```

```
var
```

```
    filvar      : text;  
    fname,filename : string;
```

```
    time,fo      : real;  
    top,ar,sl,defo : real;  
    force        : AForce;  
    vocab        : string;
```

```
    LineNo,r1,r2 : integer;  
    MaxLine,LastLine : integer;  
    rangel,range2,m : real;
```

```
    quit:char;  
    Ch : Char;  
    choice : char;
```

```
function peak : Real; {Find Peak of Curve}
```

```
var
```

```
    Org,Max : Real;  
    L       : integer;
```

```
begin
```

```
    Org:=0; Max:=0;  
    for L:=r1 to r2 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if Force[L]>=Org then
  begin
    Org:=Force[L];
    MaxLine:=L;
  end
else Max:=Org;
peak:=Max;
top:=Max;
m:=(maxline-1)/10;
end;

```

```

function AreaUnderCurve : Real; {Find Curve Area}
var

```

```

  Block : Real;
  Area : Real;
  L : integer;
begin
  Area:=0;Block:=0;
  for L:=r1 to (r2-1) do
    begin
      Block:=((Force[L]+Force[L+1])/2)*0.0167;
      Area:=Area+Block;
    end;
  AreaUnderCurve:=Area;
  ar:=area;
end;

```

```

function Slope : Real; {Find Slope}
var
  s : real;
begin
  s:=((Force[r2]-Force[r1])/((r2-r1)*0.1));
  Slope:=s;
  sl:=s;
end;

```

```

function Deformation : Real; {Find Deformation}
var
  d : real;
begin
  d:=Velocity*((r2-r1)*0.1);
  Deformation:=d;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    defo:=d;
end;

function Average : Real; {Find Mean Probe}
var
    Sum : Real;
    L   : integer;
begin
    Sum:=0;
    for L:=1 to LastLine do
        Sum:=Sum+Force[L];
        Average:=Sum/LastLine;
    end;

function OffsetCo : Real; {Find Offset Constant}
begin
    OffsetCo:=((Average/ScaleFactor)*(-1));
end;

procedure Setwindow(UX,UY,LX,LY:Byte; BG,TC:Byte);
begin
    Window(UX,UY,LX,LY);
    TextBackGround(BG);
    TextColor(TC);
end;

procedure getreal(var f:real); {Change Real to Integer}
var
    ch      : char;
    str     : string;
    size    : integer;
    x,y,error : integer;
    point   : boolean;
begin
    str:='';point:=false;
    size:=textwidth(' ');
    x:=getx;y:=gety;
    repeat
        ch:=readkey;
        if ch in ['0'..'9'] then
            begin
                str:=concat(str,ch);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(x,y,ch);
    x:=x+size;
end
else
    if (ch='.')and(point=false) then
        begin
            point:=true;
            str:=concat(str,ch);
            outtextxy(x,y,ch);
            x:=x+size;
        end
    else
        if (ch = #8)and(length(str)>0) then
            begin
                str:=copy(str,1,length(str)-1);
                setfillstyle(1,getpixel(x+8,y));
                bar(x-size,y,x-1,y+textheight(' '));
                x:=x-size;
            end
        else
            if ch<>#13 then
                begin
                    sound(2000);delay(20);nosound;
                end;
            until(ch=#13)or(length(str)>10)and(length(str)>0);
            val(str,f,error);
        end;

function getfilename : string; {Open File}
var
    data      : array [1..500] of string[121];
    amount    : integer;
    dir       : string;
    save      : string;
    filename  : string;

procedure list; {Search File}
var
    temp:searchrec;
    i,error:integer;
begin
    amount:=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

findfirst('*.prn',archive,temp);
while doserror=0 do
  begin
    amount:=amount+1;
    data[amount]:=temp.name;
    findnext(temp);
  end;
end;

procedure color(co,bk:integer);
begin
  textcolor(co);textbackground(bk);
end;

function select:string; {Select File}
var
  i,top:integer;
  ch:char;
begin
  window(60,5,78,25);
  i:=1;gotoxy(1,1);top:=1;
  while (i<=20)and(i<=amount) do
    begin
      writeln(data[i]);
      inc(i);
    end;
  i:=1;
  repeat

  color(15,3);
  gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);

  ch:=readkey;
  if (ch=#0) then
    begin
      ch:=readkey;
      if ch=#72 then
        if (i in [2..20]) then
          begin
            color(7,0);
            gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
            dec(i);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        color(15,3);
        gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
        color(7,0);
    end
else
    if (i=1)and(top>1) then
        begin
            gotoxy(1,1);color(7,0);
            writeln(data[i+top-1]);
            gotoxy(1,1);
            insline;
            top:=top-1;
            color(15,3);
            gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
            color(7,0);
        end;
if ch=#80 then
    if (i in [1..19])and(i+top-1<amount) then
        begin
            color(7,0);
            gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
            inc(i);
            color(15,3);
            gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
            color(7,0);
        end
    else
        if (i=20)and(top+20<amount) then
            begin
                color(7,0);
                gotoxy(1,20);writeln(data[i+top-1]);
                gotoxy(1,1);
                delline;
                top:=top+1;
                color(15,3);
                gotoxy(1,i);writeln(data[i+top-1]);
                color(7,0);
            end;
        end;
until (ch=#13)or(ch=#27);
color(7,0);window(60,5,78,25);clrscr;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

window(1,1,80,25);
if ch=#27 then
  select:=''
else
  select:=data[i+top-1];
end;

begin
  repeat
    fname:='';
    window(15,1,65,3);color(14,2);clrscr;
    gotoxy(1,2);
    write(' Enter Your Directory -> ');readln(dir);
    getdir(0,save);
    chdir(dir);getdir(0,dir);
    color(7,0);
    list;
    filename:=select;
    fname:=filename;
    getfilename:=concat(dir,concat(filename));
    chdir(save);
    until (filename<>'');
  end;

procedure DrawGraph; {Create Graph}
type
  data_rec=record
    t:real;
    d:real;
  end;

var
  f          : text;
  data      : array[1..999] of data_rec;

  amount    : integer;
  temp1,temp2 : real;
  buf       : string;
  temp_str  : string;

  gd,gm     : integer;
  i         : integer;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

posX      : real;
scaleX    : real;
scaleY    : real;
X0,Y0     : integer;

max,min,init : integer;
saveX,saveY  : integer;

procedure InitScreen;{Detect Graphic Mode and Create Background}
var
  gd,gm: integer;
begin
  gd:=detect;
  initgraph(gd,gm,'');
  setfillstyle(8,1);bar(0,0,640,480);{Background}
  setfillstyle(1,15);bar(0,5,400,340);{Graph}
  setfillstyle(1,7);bar(420,5,630,340);{Left window}
  setfillstyle(1,7);bar(10,360,620,470);{Right window}
end;

procedure putpixel_(x,y,c: integer);
begin
  putpixel(x,330-y,c);
end;

procedure line_(x1,y1,x2,y2: integer);
begin
  line(x1,330-y1,x2,330-y2);
end;

procedure lineto_(x,y: integer);
begin
  lineto(x,330-y);
end;

procedure moveto_(x,y: integer);
begin
  moveto(x,330-y);
end;

function real2str(r:real):string; {Change Real to String}
var

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

buf : string;
i,c : integer;
a : longint;
begin
  buf:='';
  if (r=0.0) then
  begin
    real2str:='0.0';
    exit;
  end
  else
  begin
    a:=round(abs(r)*10000);
    c:=0;

    for c:=1 to 4 do
    begin
      i:=a mod 10;
      buf:=chr(i+48)+buf;
      a:=a div 10;
    end;
    buf:='.'+buf;

    repeat
      i:=a mod 10;
      buf:=chr(i+48)+buf;
      a:=a div 10;
    until(a=0);

  end;
  if (r<0) then
    buf:='-'+buf;
  real2str:=buf;
end;

procedure outtextxy_(x,y:integer;s:string);
begin
  outtextxy(x,330-y,s);
end;

procedure graph_area; {Show Curve Area}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var
  i      : integer;
  sum,dif : real;
  ch     : char;
  choice : char;

procedure detail; {Show Answer}
begin
  setfillstyle(1,7);bar(420,5,630,340);
  settextstyle(DefaultFont, HorizDir,0);
  setcolor(1);outtextxy(430,50,'Peak of Curve :');
  setcolor(4);outtextxy(570,50,real2str(peak));
  setcolor(1);outtextxy(430,70,'Point of Peak =');
  setcolor(4);outtextxy(570,70,real2str(m));
end;

begin
  setfillstyle(1,7);bar(10,360,620,470);{Right window}
  moveto(100,390);
  outtext('Enter Range for Peak');
  moveto(100,410);
  outtext('From : ');
  getreal(range1);
  moveto(340,410);
  outtext('to : ');
  getreal(range2);
  if (range1>range2) then
    begin
      end
    else
      begin
        i:=1;
        while(i<=999)and(range1>data[i].t) do
          inc(i);
        r1:=i;
        i:=1;
        while(i<=999)and(range2>data[i].t) do
          inc(i);
        r2:=i;

        setcolor(1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

posX:=X0+((r1-1)*scaleX);
moveto_(round(posX),y0);
for i:=r1 to r2 do
begin
    lineto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
    posX:=posX+scaleX;
end;
posX:=X0+((r2-1)*scaleX);
lineto_(round(posX),y0);
posX:=X0+((r1-1)*scaleX);
moveto_(round(posX),y0);
posX:=X0+((r2-1)*scaleX);
lineto_(round(posX),y0);
setfillstyle(1,3);
floodfill(round(X0+(((r1+r2)div 2)*scaleX)),
          330-(round(data[(r1+r2)div 2].d*scaleY/2)+Y0),1);
end;
detail;
end;
procedure a_s_d; {Show AreaUnderCurve, Slope, Deformation}
procedure g_area;
var
    i    : integer;
    ch   : char;
begin
    setfillstyle(1,7);bar(10,360,620,470);{Right window}
    setttextstyle(DefaultFont, HorizDir,0);
    moveto(100,390);setcolor(1);
    outtext('Enter range for AreaUnderCurve, Slope, Deformation');
    moveto(100,410);
    outtext('From : ');
    getreal(range1);
    moveto(340,410);
    outtext('to : ');
    getreal(range2);
    if (range1>range2) then
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end
else
begin
    i:=1;
    while(i<=999)and(range1>data[i].t) do
        inc(i);
        r1:=i;
        i:=1;
    while(i<=999)and(range2>data[i].t) do
        inc(i);
        r2:=i;

    setcolor(1);
    posX:=X0+((r1-1)*scaleX);
    moveto_(round(posX),y0);
    for i:=r1 to r2 do
    begin
        . lineto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
        posX:=posX+scaleX;
    end;
    posX:=X0+((r2-1)*scaleX);
    lineto_(round(posX),y0);
    posX:=X0+((r1-1)*scaleX);
    moveto_(round(posX),y0);
    posX:=X0+((r2-1)*scaleX);
    lineto_(round(posX),y0);
    setfillstyle(1,3);
    floodfill(round(X0+(((r1+r2)div 2)*scaleX)),
        330-(round(data[(r1+r2)div 2].d*scaleY/2)+Y0),1)
end;

end;

procedure Draw_graph2;
var i:integer;
begin
    min:=1;max:=1;
    for i:=2 to amount do
    begin
        if ((data[i].d)<data[min].d) then
            min:=i
        else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if ((data[i].d)>data[max].d) then
            max:=i
    end;
setfillstyle(1,15);bar(0,5,400,340);{Graph}

scaleX:=350 / amount;
scaleY:=250 / (data[max].d-data[min].d);

X0:=20;
if (data[min].d>0) then
    Y0:=20
else
    Y0:=20-round(scaleY*(data[min].d));

setcolor(7);
line(X0,15,X0,320);
line(10,330-Y0,380,330-Y0);
line(X0-10,330-round(scaleY*round(data[max].d))-Y0,X0+10,
      330-round(scaleY*round(data[max].d))-Y0);
setcolor(5);
outtextxy_(1,round(scaleY*round(data[max].d))+Y0+4,
copy(real2str(round(data[max].d)),1,
      length(real2str(round(data[max].d)))-5));
outtextxy_(X0-10,Y0-5,'0');
setcolor(4);

posX:=X0;
moveto_(x0,y0);

for i:=1 to amount do
    begin
        if ((i-1) mod (amount div 30)=0) then
            begin
                setcolor(7);
                line_(round(posX),y0-5,round(posX),y0+5);
                if ((i-1) mod ((amount div 30)*5)=0) then
                    begin
                        setcolor(0);setlinestyle(0,0,2);
                        line_(round(posX),y0-5,round(posX),y0+5);
                        temp_str:=copy(real2str(data[i].t),1,
                                      length(real2str(data[i].t))-3);
                        setcolor(5);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outtextxy_(round(posX-5),y0-5,temp_str);
        setlinestyle(0,0,1);
    end;

    moveto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
    setcolor(4);
end;

posX:=posX+scaleX;

end;

posX:=X0;
moveto_(x0,round(data[i].d*scaleY)+y0);

for i:=2 to amount do
begin
    posX:=posX+scaleX;
    lineto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
end;
end;

begin
draw_graph2;

g_area;

setfillstyle(1,7);bar(420,5,630,340);
settextstyle(DefaultFont, HorizDir,0);
setcolor(1);outtextxy(430,50,'AreaUnderCurve :');
setcolor(4);outtextxy(570,50,real2str(AreaUnderCurve));

setcolor(1);outtextxy(430,70,'Slope :');
setcolor(4);outtextxy(570,70,real2str(Slope));

setcolor(1);outtextxy(430,90,'Deformation :');
setcolor(4);outtextxy(570,90,real2str(Deformation));

setfillstyle(1,7);bar(10,360,620,470);{Right window}
setcolor(1);outtextxy(180,400,'Press [E] for New File');
setcolor(1);outtextxy(180,420,'Press [Q] for Quit to DOS');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(1);outtextxy(180,440,'Press [P] for Print to Printer');

repeat
  choice:=readkey;

  if (choice='E')or(choice='e') then quit:='N'
  else
    if (choice='Q')or(choice='q') then quit:='Y'
    else
      if (choice='P')or(choice='p') then

        begin {Print to Printer}
          write(1st,fname:18);
          write(1st,'P ':10);
          write(1st,top:7:3);
          write(1st,'A ':7);
          write(1st,areaundercurve:7:3);
          write(1st,'S ':7);
          write(1st,slope:7:3);
          write(1st,'D ':7);
          write(1st,deformation:7:3);
          write(1st,chr(10));
          write(1st,chr(8));
        end

      else
        begin
          sound(2000);delay(20);nosound;
        end;

  until (upcase(choice)='E')
    or(upcase(choice)='Q')
    or(upcase(choice)='P');

end;

begin
  assign(f,Filename);
  reset(f);

  readln(f,buf);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

readln(f,buf);
readln(f,buf);

amount:=0;
while(not(eof(f))) do
  begin
    readln(f,temp1,temp2);
    inc(amount);
    data[amount].t:=temp1;data[amount].d:=temp2;
  end;
close(f);

min:=1;max:=1;
for i:=2 to amount do
begin
  if ((data[i].d)<data[min].d) then
    min:=i
  else
    if ((data[i].d)>data[max].d) then
      max:=i
end;

InitScreen;

scaleX:=350 / amount;
scaleY:=250 / (data[max].d-data[min].d);

X0:=20;
if (data[min].d>0) then
  Y0:=20
else
  Y0:=20-round(scaleY*(data[min].d));

setcolor(7);
line(X0,15,X0,320);
line(10,330-Y0,380,330-Y0);
line(X0-10,330-round(scaleY*round(data[max].d))-Y0,X0+10,
      330-round(scaleY*round(data[max].d))-Y0);
setcolor(5);
outtextxy_(1,round(scaleY*round(data[max].d))+Y0+4,
copy(real2str(round(data[max].d)),1,
length(real2str(round(data[max].d)))-5));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy_(X0-10,Y0-5,'0');
setcolor(4);

posX:=X0;
moveto_(x0,y0);

for i:=1 to amount do
  begin
    if ((i-1) mod (amount div 30)=0) then
      begin
        setcolor(7);
        line_(round(posX),y0-5,round(posX),y0+5);

        if ((i-1) mod ((amount div 30)*5)=0) then
          begin
            setcolor(0);setlinestyle(0,0,2);
            line_(round(posX),y0-5,round(posX),y0+5);
            temp_str:=copy(real2str(data[i].t),1,
                          length(real2str(data[i].t))-3);
            setcolor(5);
            outtextxy_(round(posX-5),y0-5,temp_str);
            setlinestyle(0,0,1);
          end;
            moveto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
            setcolor(4);
          end;

          posX:=posX+scaleX;

        end;

        posX:=X0;
        moveto_(x0,round(data[i].d*scaleY)+y0);

        for i:=2 to amount do
          begin
            posX:=posX+scaleX;
            llneto_(round(posX),round(data[i].d*scaleY)+Y0);
          end;

          settxtstyle(DefaultFont, HorizDir,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(1);outtextxy(430,40,'Mean Froce with Probe');
setcolor(1);outtextxy(520,60,'=');
setcolor(4);outtextxy(540,60,real2str(Average));
setcolor(1);outtextxy(600,60,'Kg');

setcolor(1);outtextxy(430,100,'Add This Value to Offset');
setcolor(1);outtextxy(430,120,'Constant');
setcolor(1);outtextxy(520,140,'=');
setcolor(4);outtextxy(540,140,real2str(OffsetCo));
setcolor(1);outtextxy(600,140,'mV');

setcolor(1);outtextxy(430,200,'Offset Constant Should');
setcolor(1);outtextxy(430,220,'be Very Close to Zero');
setcolor(1);outtextxy(430,240,'(+/- 0.01 KG)');

setcolor(1);outtextxy(200,400,'continue? (Y=yes or N=no) ');
repeat
    ch:=readkey;
    if (ch='Y')or(ch='y') then graph_area
    else
        if (ch='N')or(ch='n') then
            begin
                closegraph;
                clrscr;
            end
        else
            begin
                sound(2000);delay(20);nosound;
            end;
until(upcase(ch)='Y')or(upcase(ch)='N');

setfillstyle(1,7);bar(10,360,620,470);{Right window}
setcolor(1);outtextxy(180,390,'Press [A] for More Information');
setcolor(1);outtextxy(180,410,'Press [E] for New File');
setcolor(1);outtextxy(180,430,'Press [Q] for Quit to DOS');
setcolor(1);outtextxy(180,450,'Press [P] for Print to Printer');

repeat
    choice:=readkey;
    if (choice='A')or(choice='a') then a_s_d
    else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
    if (choice='Q')or(choice='q') then quit:='Y'
    else
        if (choice='P')or(choice='p') then

            begin {Print to Printer}
                write(lst,fname:18);
                write(lst,'P ':10);
                write(lst,top:7:3);
                write(lst,chr(10));
                write(lst,chr(8));
            end

        else
            begin
                sound(2000);delay(20);nosound;
            end;
until (upcase(choice)='A')
or(upcase(choice)='E')
or(upcase(choice)='Q')
or(upcase(choice)='P')

end;

begin {Main}
repeat
Clrscr;
filename:='';
FileName:=getfilename;
clrscr;

assign(filvar,filename);
reset(filvar);

readln(filvar,vocab);
readln(filvar,vocab);
readln(filvar,vocab);

LineNo:=1;
while not Eof(filvar) do
begin
read(filvar,time);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    readln(filvar,fo);  
    force[LineNo]:=fo;  
    LineNo:=LineNo+1;  
end;  
  
close(filvar);  
  
LastLine:=LineNo;  
quit:=' ';  
  
DrawGraph;  
  
closegraph;  
until(quit='Y');  
closegraph;  
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายกมล โสวรัตน์พงศ์ เกิดวันที่ 14 พฤษภาคม 2516 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนวัดบวรนิเวศ ในปี พ.ศ. 2534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้