เอกสารอ้างอิง

1. Block,F.,W.W.,Hansen,and M.E.Packard,"Nuclear induction",Phys. Rev., 69,127,1946.
2. Purcell,E.M.,H.C.Torrey,and R.V.Pound,"Resonance Absorption by Nuclear Magnetic Moments in a Solid",Phys. Rev.,69,37,1946.
3. Block,F.,W.W.,Hansen and M.,Packard,Phys.Rev.,70,474,1946.
4. Torrey,H.C.,Phys.Rev.,76,1059,1949.
5. Hahn,E.L.,Phys.Rev.,80,580,1950.
6. Knowles,P.F.,D.Marsh,and H.W.E.Rattle,Magnetic Resonance of Biomolecules, John Wiley & Sons,1976.
7. Gadian,David G.,Nuclear Magnetic Resonance and Its Applications to Living System,pp.114-122,Clarendon Press,Oxford,1982.
8. สุชาติ แซ่เฮ่ง "การหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพดโดยวิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2531.
9. Rollwitz,William L.,and Gilbert A.Persyn,"On-Stream NMR Measurement and Control",JAOCS,48,59-66,1971.
10. Conway,T.F.,"A Wide Line NMR R-F Saturation Method to Measure Fat in Moist Samples of Defatted Corn Germ",JAOCS,48,54-58,1971.
11. Mansfield,Peter B.,A New Wide-Line NMR Analyzer and Its Use in Determining the Solid-Liquid Ratio in Fat Samples",JAOCS,48,4-6,1971.
12. Haighton,A.J.,L.F.Vermaas,and C. Den Hollander,"Determination of the Solid-Liquid Ratio of Fats by Wide-Line Nuclear Magnetic Resonance", JAOCS,48,7-10,1971.

13. Waddington,D.,"Applications of Wide-Line Nuclear Magnetic Resonance in the Oils and Fats Industry",Analysis of Oils and Fats (Hamilton, R.J., and J.B.,Rossell,eds.),pp.341-399,Elsevier Applied Science, New York,1986.

14. ทองยศ อเนกะเวียง,หลักวิทยาศาสตร์ของน้ำนม,ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร,2524.

15. Bloembergen,N.,Nuclear Magnetic Relaxation,W.A.Benjamin,Inc.,New York, 11,1961.

16. Shumacher,Robert t.,Introduction to Magnetic Resonance:Principle and Application,W.A. Benjamin,Inc.,New York,1970.

17. Slichter, Charles P., Principle of Magnetic Resonance with Examples from Solid State Physics,pp.1-22,Haper & Row, New York,1963.

18. General Electric,NMR:A Perspective on Imaging,General Electric, Wisconsin,U.S.A.,1983.

19. Andrew,E.R.,Nuclear Magnetic Resonance,Cambridge University Press, London,1958.

20. ซีเอ็ดยูเคชั่น,คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL,ซีเอ็ดยูเคชั่น,กรุงเทพมหานคร,พิมพ์ครั้งที่ 4,2529.

21. Motorola Inc.,Fast and LS TTL Data,Motorola Inc.,1986.

22. ประภากร สุวรรณะ,"ท่านรู้จักไวลเดจเร็กกูเลเตอร์ดีแล้วหรือยัง (ตอน 2)",คอมพิวเตอร์ อีเลคทรอนิคส์ เวิลด์,89 (8),184-191,2527.

23. ทบวงมหาวิทยาลัย,เคมี เล่ม2,หน้า 325-340,อักษรเจริญทัศน์,กรุงเทพมหานคร,2524.

24. Hester,Ronald E.,and Douglas E.C.Quine,"Quantitative Analysis of Food Product by Pulsed N.M.R.Rapid Determination of Oil and Water in Flour and Feedstuffs",J.Sci.Fd.Agric.,28,624-630,1976.

ภาคผนวก ก

นมและส่วนประกอบของนม

ก่อนที่จะทำการทดลองหาปริมาณไขมันในนมผงโดยวิธีเอ็นเอ็มอาร์ ควรที่จะทราบเสียก่อนว่าในนมผงมีส่วนประกอบอย่างไรบ้าง ซึ่งบางทีจะมีส่วนประกอบอื่นนอกจากไขมันที่ส่งผลต่อข้อมูล ซึ่งอาจทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลผิดพลาดไป

ส่วนประกอบของนม

นมเป็นสารอาหารที่ทรงคุณค่ามากที่สุดชนิดหนึ่ง ในนมประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อมนุษย์เกือบทุกชนิด ตารางที่ 1 แสดงถึงองค์ประกอบโดยละเอียดของนมโค (14)

เมื่อนำนมโคไปทำเป็นนมผงโดยการระเหยเอาน้ำออกจะได้โปรตีนประมาณ 26% มันเนยประมาณ 26-28 % แลคโตสประมาณ 38% ความชื้น (น้ำ) ประมาณ 3-5 % และสารอื่น ๆ ซึ่งเป็นแร่ธาตุเป็นส่วนใหญ่และมักจะอยู่ในรูปของของแข็ง ซึ่งเรียกรวมกันว่าเถ้า (Ash)

นมผงมีอยู่ 3 ชนิดโดยจำแนกตามเปอร์เซ็นต์ของมันเนย ดังนี้

1. นมผงธรรมดา (Dry whole milk) มีมันเนยไม่น้อยกว่า 26%

2. นมผงพร่องมันเนย (Dry partly skimmilk) มีมันเนยอยู่ระหว่าง 1.5% ถึง 26%

3. นมผงขาดมันเนย (Dry skimmilk or non - fat dry milk) มีมันเนยไม่เกิน 1.5%

ในประเทศแถบหนาวไขมันและน้ำมันเป็นอาหารที่จำเป็นมาก เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่จะทำให้ร่างกายอบอุ่น จึงมีการแยกเอาไขมันในนมไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น เนยแข็ง เนยเหลว

องค์ประกอบ	ปริมาณ/นม 1 ลิตร
1. Water	860-880 g.
2. Lipides in emulsion phase	
2.1 Milk fat (a mixture of mixed triglycerides)	30-50 g.
2.2 Phospholipides (lecithin, cephalin, sphingomyelin, etc.)	0.30 g.
2.3 Cerebrosides	?
2.4 Sterols	0.10 g.
2.5 Carotenoids	0.10-0.60mg.
2.6 Vitamin A	0.10-0.50mg.
2.7 Vitamin D	0.4 µg.
2.8 Vitamin E	1.0 mg.
2.9 Vitamin K	trace
3. Protein in colloidal dispersion	
3.1 Casein (α, β, γ fractions)	25g.
3.2 β -lactoglobulin	3 g.
3.3 α -lactalbumin	0.7 g.
3.4 Albumin (probably identical to blood serum albumin)	0.3 g.
3.5 Euglobulin	0.3 g.
3.6 Pseudoglobulin	0.3 g.
3.7 Other albumins and globulins	1.3 g.
3.8 Mucins (?)	?
3.9 Fat globule protein (?)	0.2 g.

(?) = presence, identity, or concentration uncertain

µg. = microgram

ตารางที่ ก.1 แสดงองค์ประกอบโดยละเอียดของนมโค

องค์ประกอบ	ปริมาณ/นม 1 ลิตร

3.10 Enzymes ..... ?

(1) Catalase
(2) Peroxidase
(3) Xanthin oxidase
(4) Phosphatases (acid and alkaline)
(5) Aldolase
(6) Amylases (α and β)
(7) Lipase and other esterases
(8) Proteases
(9) Carbonic anhydrase
(10) Salolase (?)

4. Dissolved materials

a) Carbohydrates

(1) Lactose (α and β) ..... 45-50 g.
(2) Glucose ..... 50 mg.
(3) Other sugars ..... traces

b) Inorganic and organic ions and salts

(1) Calcium* ..... 1.25 g.
(2) Magnesium* ..... 0.10 g.
(3) Sodium ..... 0.50 g.
(4) Potassium ..... 1.50 g.
(5) Phosphates* (as $PO_4^{\equiv}$) ..... 2.10 g.
(6) Citrates* (as citric acid) ..... 2.00 g.
(7) Chloride ..... 1.00 g.
(8) Bicarbonate ..... 0.20 g.
(9) Sulfate ..... 0.10 g.
(10) Lactate (?) ..... 0.02 g.

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมาณ/นม 1 ลิตร	
C) Water soluble vitamins		
(1) Thiamine (vitamin B_1)	0.4	mg.
(2) Riboflavin (vitamin B_2 or vitamin G)	1.5	mg.
(3) Niacin (nicotinic acid)	0.2-1.2	mg.
(4) Pyridoxine (vitamin B_6)	0.7	mg.
(5) Pantothenic acid	3.0	mg.
(6) Biotin (vitamin H)	50	µg.
(7) Polic acid	1.0	µg.
(8) Choline (total)	150	mg.
(9) Vitamin B_{12}	7.0	µg.
(10) Inositol	180	mg.
(11) Ascorbic acid (vitamin C)	20	mg.
D) Nitrogenous materials not proteins or vitamins (as N)	250	mg.
(1) Ammonia (as N)	2-12	mg.
(2) Amino acids (as N)	3.5	mg.
(3) Urea (as N)	100	mg.
(4) Creatine and creatinine (as N)	15	mg.
(5) Methyl guanidine (?)	?	
(6) Uric acid	7	mg.
(7) Adenine		
(8) Guanine		
(9) Hypoxanthin (?)		
(10) Xanthine (?)		
(11) Uracil-4-carboxylic acid (orotic acid)	50-100	mg.
(12) Hippuric acid	30-60	mg.
(13) Indican	0.3-2.0	mg.
(14) Thiocyanate (?)		

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมาณ/นม 1 ลิตร

E) Gases (milk exposed to air)

(1)	Carbon dioxide	100	mg.
(2)	Oxygen	7.5	mg.
(3)	Nitrogen	15.0	mg.

F) Miscellaneous

Esters of phosphoric acid not yet identified (as phosphorus)	0.10	g.

5. Trace elements (from of occurrence not elucidated)

Usually present; Rb, Li, Ba, Sr, Mn, Al, Zn, B, Cu, Fe, Co, I

Occational present or questionable; Pb, Mo, Cr, Ag, Sn, Ti, V, F, Si

(?) Presence, identity, or concentration uncertain.

* Partly in colloidal dispersion.

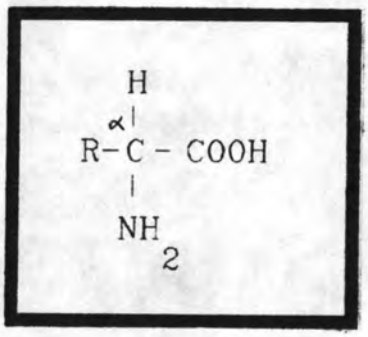
ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

ปัจจุบันนี้ในการผลิตนมในทางอุตสาหกรรมมักจะแยกเอาไขมันออกจากนม จะทำให้เก็บนมไว้ได้นานขึ้นเพราะไขมันที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนถูกนำแยกไปไว้ต่างหาก เมื่อจะทำกลับเป็นผลิตภัณฑ์นมจึงจะนำเอาไขมันไปผสมในอัตราส่วนพอเหมาะ

รายละเอียดต่าง ๆ ขององค์ประกอบสำคัญทั้งสามชนิดของนมมีดังต่อไปนี้

แลคโตส แลคโตสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) มีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$ เมื่อไฮโดรไลซ์จะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสองชนิดคือ กลูโคส (Glucose) กับกาแลคโตส (Galactose)

โปรตีน โปรตีนในนมเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่สร้างขึ้นโดยเซลล์ของสิ่งที่มีชีวิตโดยนำเอากรดแอลฟาอะมิโนหลาย ๆ ชนิด และหลาย ๆ โมเลกุลมาเรียงต่อกันเป็นเส้นยาว (14) ปัจจุบันพบว่ามีกรดแอลฟาอะมิโนทั้งหมดอยู่ 20 ชนิด การเรียงลำดับและชนิดของกรดแอลฟาอะมิโนต่าง ๆ กัน จะทำให้ได้โปรตีนต่างชนิดกันออกไป สูตรทั่วไปของกรดแอลฟาอะมิโน เป็น



รูปที่ ก.1 แสดงสูตรทั่วไปของกรดแอลฟาอะมิโน (23)

โปรตีนในนมที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือเคซีน (Caseins) และ ซีรัมโปรตีน (Serum proteins) รายละเอียดของโปรตีนทั้งสองชนิดอยู่ในตารางที่ 2 (14)

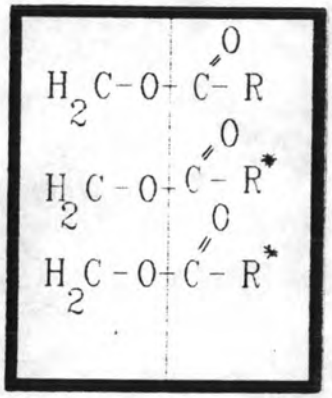
ในกระบวนการทำนมผงนั้นต้องให้ความร้อนแก่นมเพื่อไล่น้ำออก การให้ความร้อนมักจะทำให้ผิดธรรมชาติ (Denature) ซีรัมโปรตีนบางชนิด แล้วตกตะกอนลงไปเกาะติดกับเคซีนซึ่งทนอุณหภูมิได้สูงกว่า

Protein or fraction	Electrophoretic Analysis, g./100 ml
1. Total casein	2.2-3.4
α-Casein	1.4-2.3
β-Casein	0.5-1.0
γ-Casein	0.06-0.24
2. Total serum proteins	0.40-0.80
2.1 Albumin fraction	
2.1.1 β-Lactoglobulin*	0.20-0.40
2.1.2 α-Lactalbumin	0.07-0.15
2.1.3 Blood serum albumin	0.02-0.05
2.2 Globulin fraction	
2.2.1 Euglobulin 2.2.2 Pseudoglobulin } (immune globulin)	0.05-0.11
2.3 Proteose-peptone	0.06-0.17

* (-SH group) = sulfhydryl group อยู่ในโปรตีนนี้ด้วย

ตารางที่ ค.5 แสดงประเภทและปริมาณโปรตีนต่าง ๆ ในนมโคยาตอนเนย (skimmilk)

ไขมัน ไขมันเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล มีสูตรทั่วไป ดังรูปที่ 2 (23)



ส่วนที่มาจากกลีเซอรอล ส่วนที่มาจากกรดไขมัน

รูปที่ ก.2 แสดงสูตรทั่วไปของไขมันและน้ำมัน (23)

ในไขมัน กรดไขมันเป็นชนิดอิ่มตัว ส่วนในน้ำมันกรดไขมันเป็นชนิดไม่อิ่มตัวสูตรทั่วไปของทั้งสองชนิดเป็นแบบเดียวกัน

ไขมันมีความหมายตรงกับภาษาอังกฤษทั่ว ๆ ว่า Fat หรือ Oil ในทางวิชาการเรียกไขมันว่า ลิปิดส์ (Lipids) ส่วนคำว่า บัตเตอร์แฟท (Butter fat) นั้น หมายถึงไขมันที่ได้มาจากนมเท่านั้น ซึ่งตรงกับภาษาไทยว่า มันเนย (ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 พ.ศ. 2522) คำที่มีความหมายคล้ายบัตเตอร์แฟทอีกคำหนึ่งคือ มิลค์แฟท (Milk fat) ซึ่งทางเคมีหมายถึง มิกซ์ไตรกลีเซอไรด์ (Mixed triglycerides) ตรงกับภาษาไทยว่า ไขมันเนย

กรดไขมันต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของมันเนยในนมวัว แสดงในตารางที่ 3 (14)

Name	Formula	Approx. % by weight	At ordinary temperature	Volatility in steam	Water solubility	Solubility %
A) Saturated fatty acids		$C_nH_{2n+1}COOH$ type				
1. Butyric acid	C_3H_7COOH	3.5	Liquid	Volatile	Soluble	
2. Caproic acid	$C_5H_{11}COOH$	2.0	Liquid	Volatile	S. sol.	0.968
3. Caprylic acid	$C_7H_{15}COOH$	1.0	Liquid	Volatile	V.s. sol.	0.068
4. Capric acid	$C_9H_{19}COOH$	2.0	Liquid	Volatile	V.s. sol.	0.015
5. Lauric acid	$C_{11}H_{25}COOH$	2.5	Solid	S. vola.	Almost insol.	0.006
6. Myristic acid	$C_{13}H_{27}COOH$	10.0	Solid	V.s. vola.	Insoluble	0.002
7. Palmitic acid	$C_{15}H_{31}COOH$	25.0	Solid	Nonvola.	Insoluble	0.001
8. Stearic acid	$C_{17}H_{35}COOH$	10.5	Solid	Nonvola.	Insoluble	0.000
9. Arachidic acid	$C_{19}H_{39}COOH$	0.5	Solid	Nonvola.	Insoluble	
B) Unsaturated fatty acids		$C_nH_{2n-1}COOH$ type				
10. Decenoic acid	$C_9H_{17}COOH$	5.0	Liquid	Nonvola.	Insoluble	
11. Dodecenoic acid	$C_{11}H_{21}COOH$		Liquid	Nonvola.	Insoluble	
12. Tetradecenoic acid	$C_{13}H_{25}COOH$		Liquid	Nonvola.	Insoluble	
13. Oleic acid	$C_{17}H_{33}COOH$		Liquid	Nonvola.	Insoluble	
C) Unsaturated fatty acids (two double bond)		$C_nH_{2n-3}COOH$ type				
14. Linoleic acid	$C_{17}H_{31}COOH$	4.0	Liquid	Nonvola.	Insoluble	
D) Other more unsaturated fatty acids containing 20 to 22 carbon atoms		1.0	Liquid	Nonvola.	Insoluble	

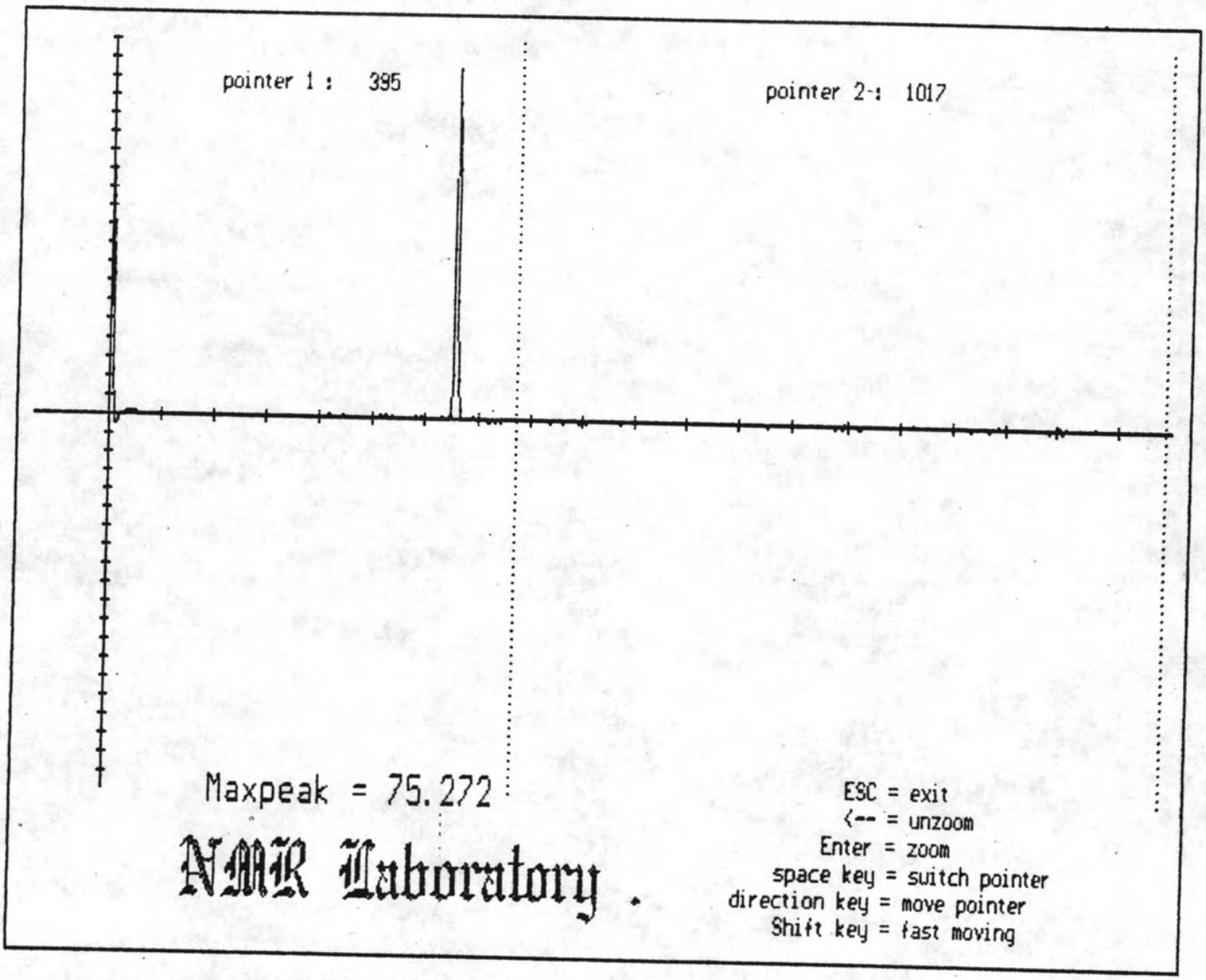
S.=slightly, V.s.=very slightly. vola.=volatile

ตารางที่ ค.6 แสดงกรดไขมันต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของมันเนยนมโค

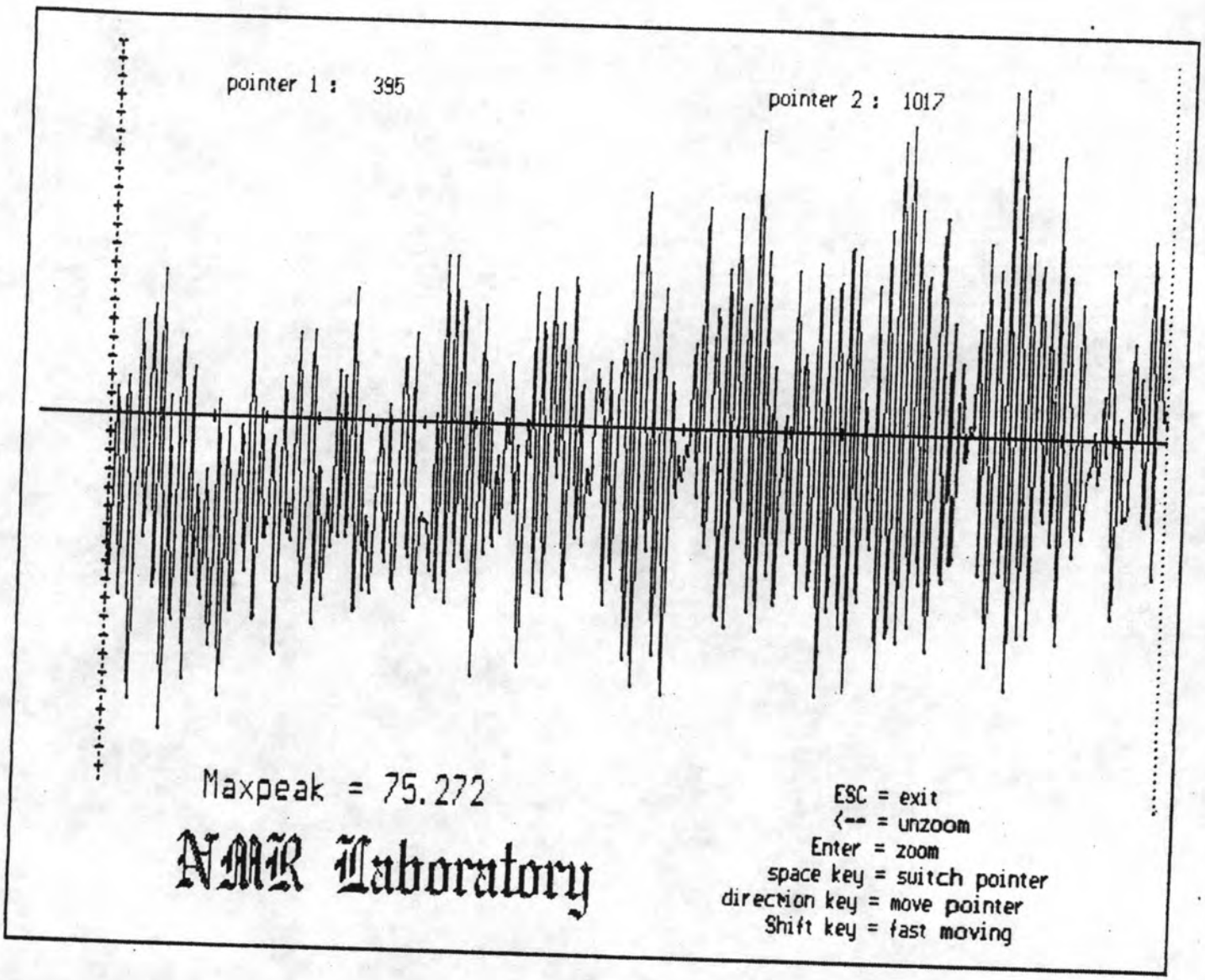
ไฮโดรเจนในไขมันจะเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจในการทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยไฮโดรเจนที่มาจากสารที่อยู่ในสภาพที่เป็นของแข็งจะไม่มีส่วนต่อสัญญาณที่วัดได้จากไขมันเลย ดังที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทนำ ถึงแม้ว่าในนมผงจะมีความชื้นอยู่บ้างแต่ก็มีอยู่น้อยมากและมักจะไม่เกิน 3% ของน้ำหนักนมผง ซึ่งตามกฎหมายอนุญาตให้มีความชื้นได้สูงถึง 5% (14) ทั้งนี้คาดว่าผู้ผลิตต้องการให้มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเพื่อให้นมผงคงคุณภาพไว้ได้นานที่สุด ดังนั้นผลของสัญญาณจากไฮโดรเจนของความชื้น (น้ำ) จึงมีอยู่น้อยมาก การทดลองในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงตัดผลของความชื้นทิ้งไป

ภาคผนวก ข

ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของกลูโคส 3.0 กรัม



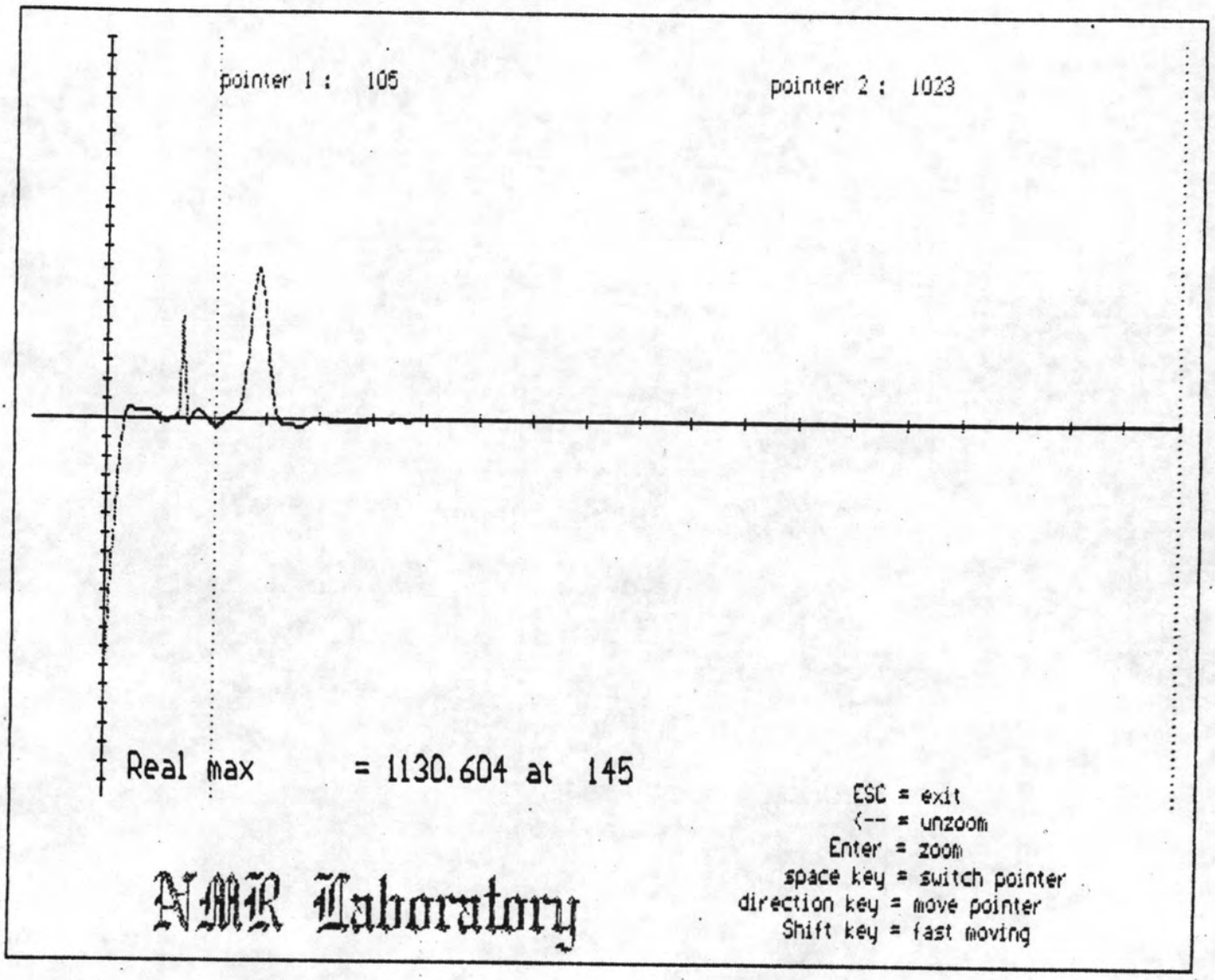
ข.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของกลูโคส 3.0 กรัม



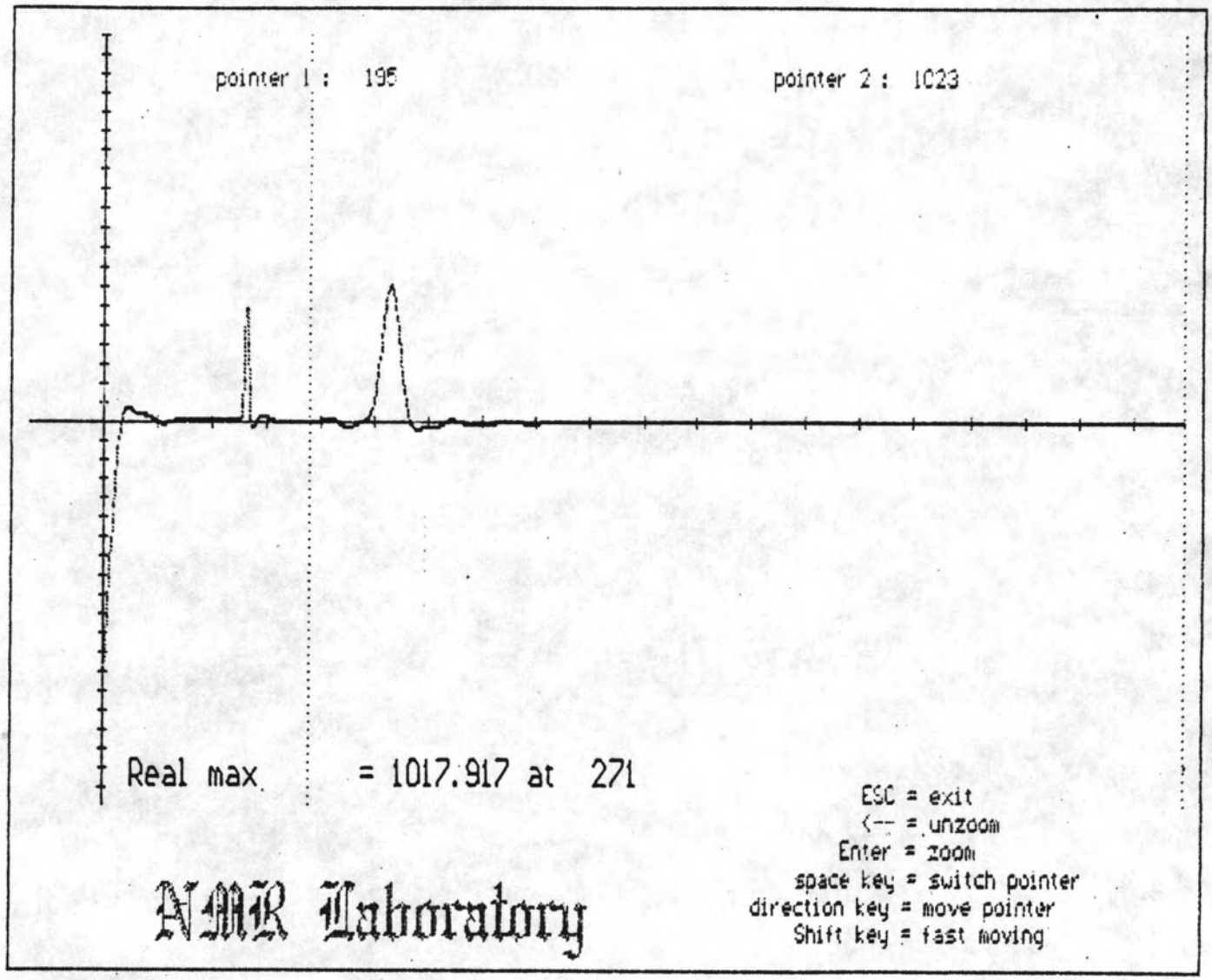
ข.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของกลูโคส 3.0 กรัม (ขยายขนาดสัญญาณ)

ภาคผนวก ค

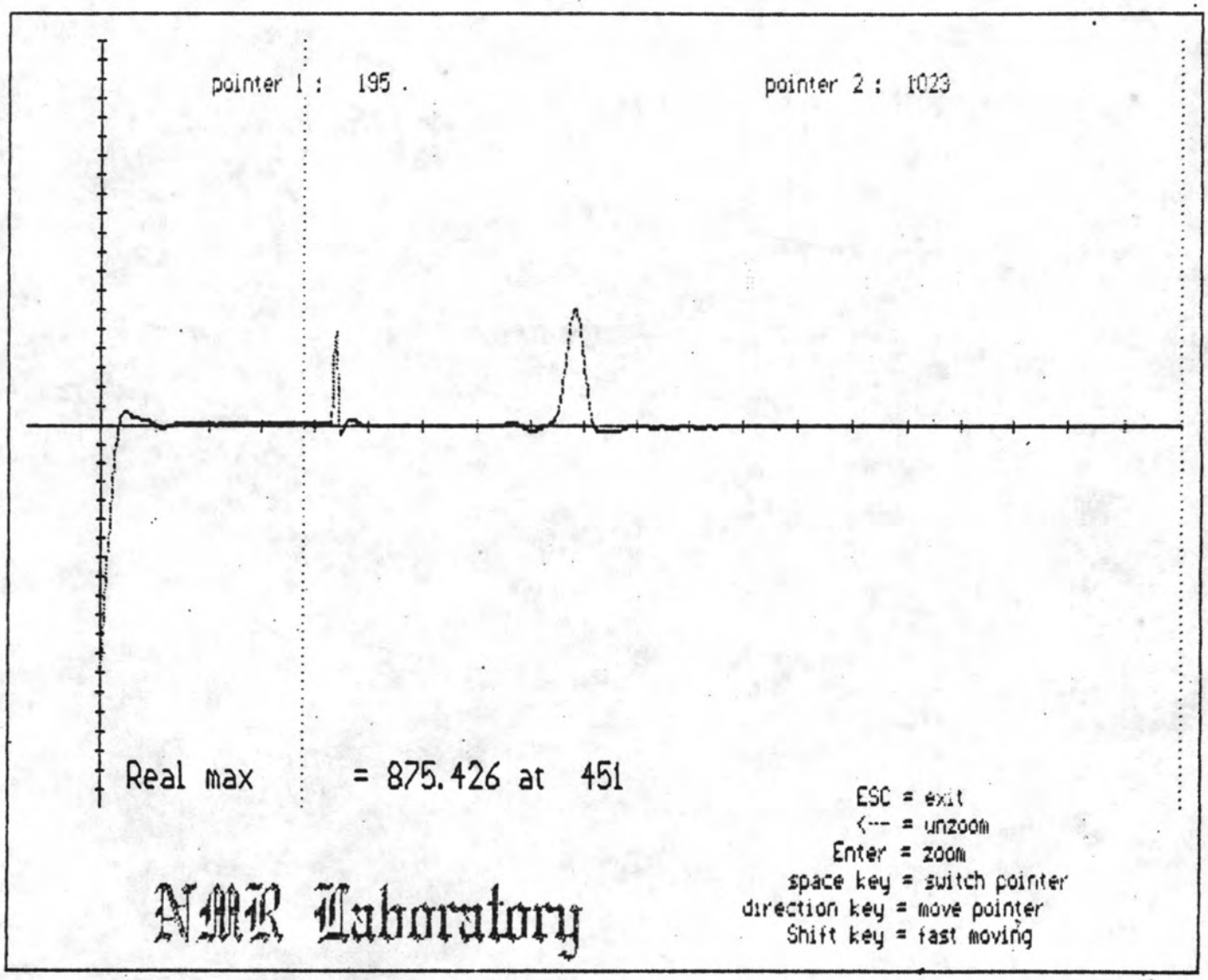
ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์เพื่อหาค่าเวลาผ่อนคลายของไขมันในนมผงปริมาณ 2.6 กรัม



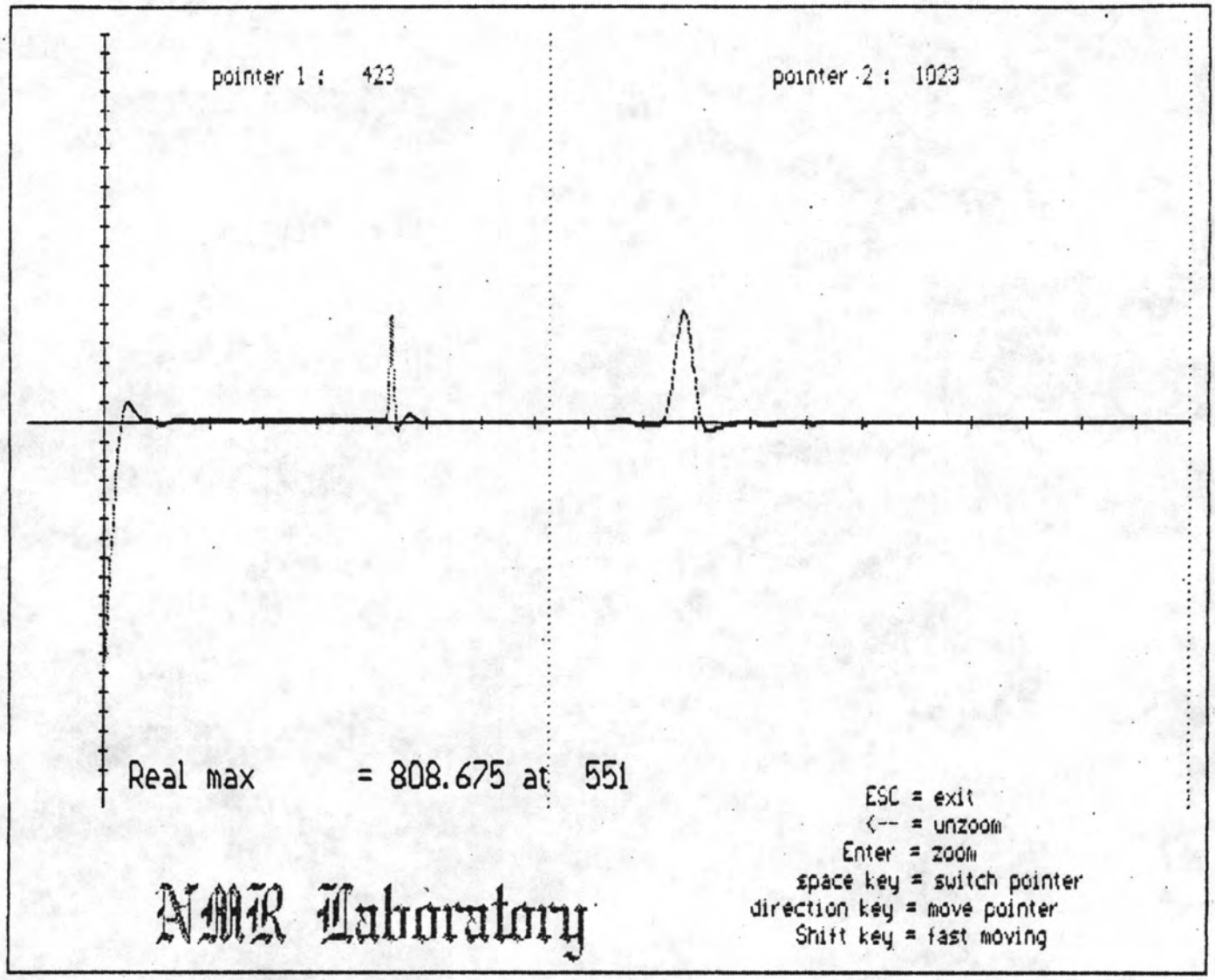
ค.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 2.90 มิลลิวินาที



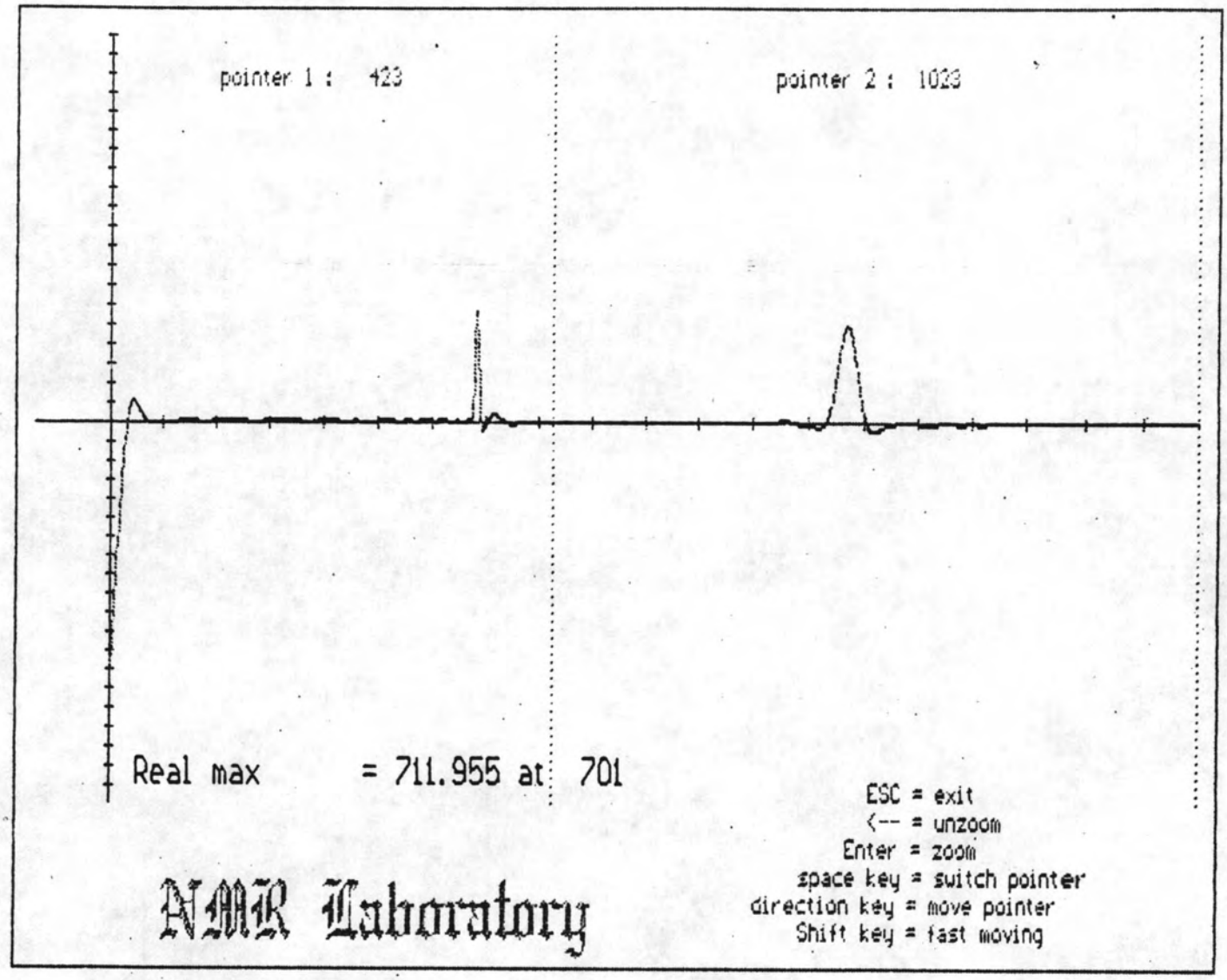
ค.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 5.42 มิลลิวินาที



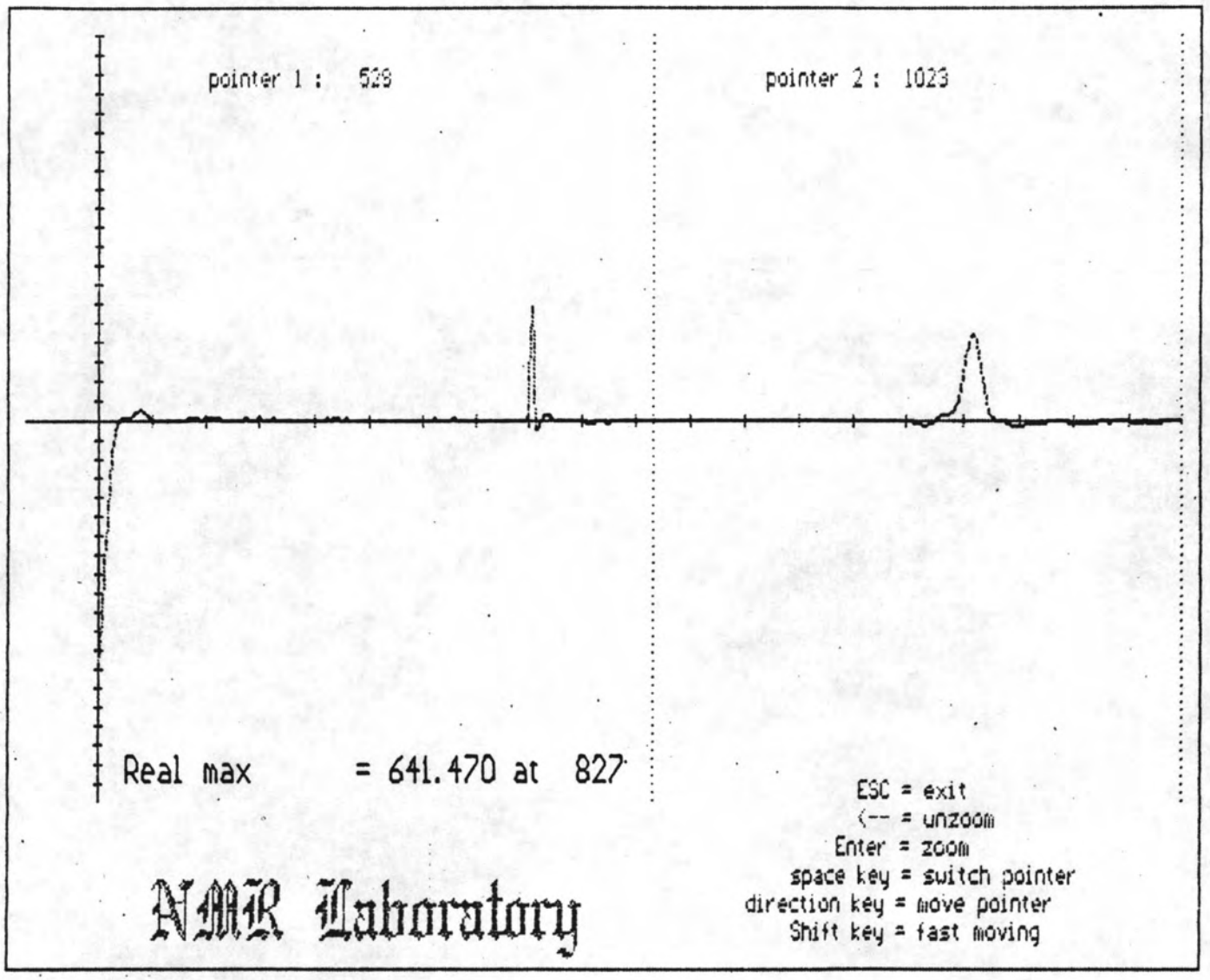
ค.3 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 9.02 มิลลิวินาที



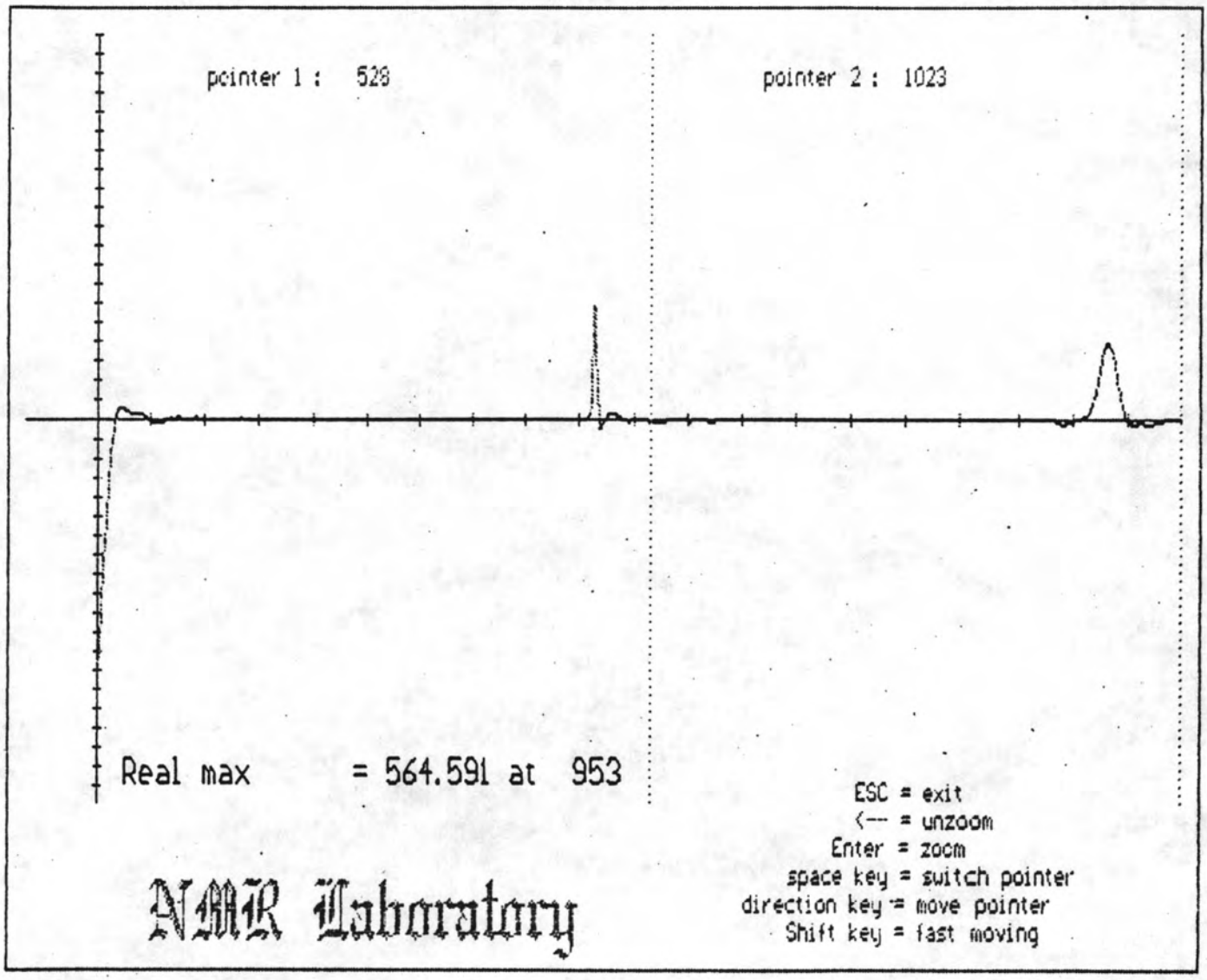
ค.4 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 11.02 มิลลิวินาที



ค.5 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 14.02 มิลลิวินาที



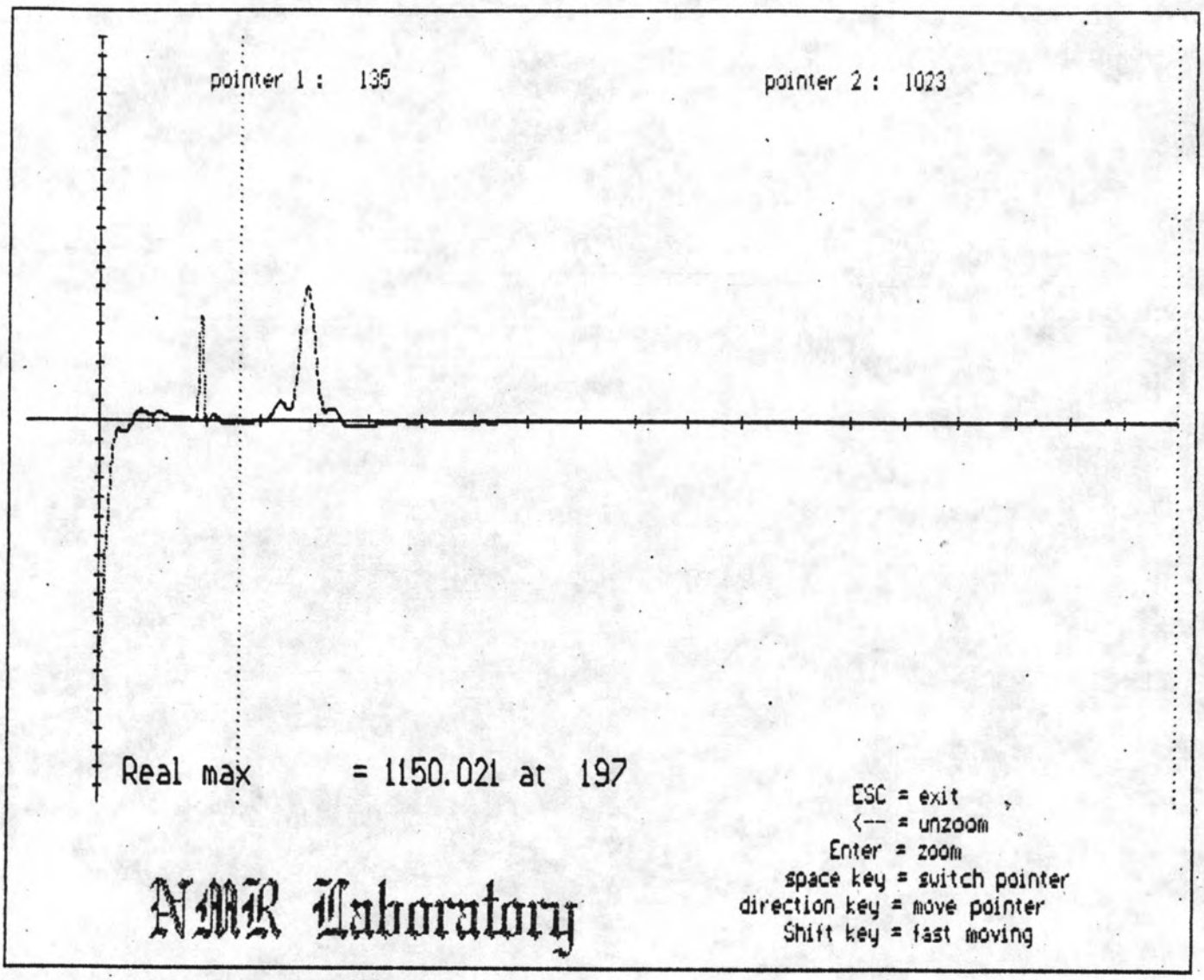
ค.6 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 16.54 มิลลิวินาที



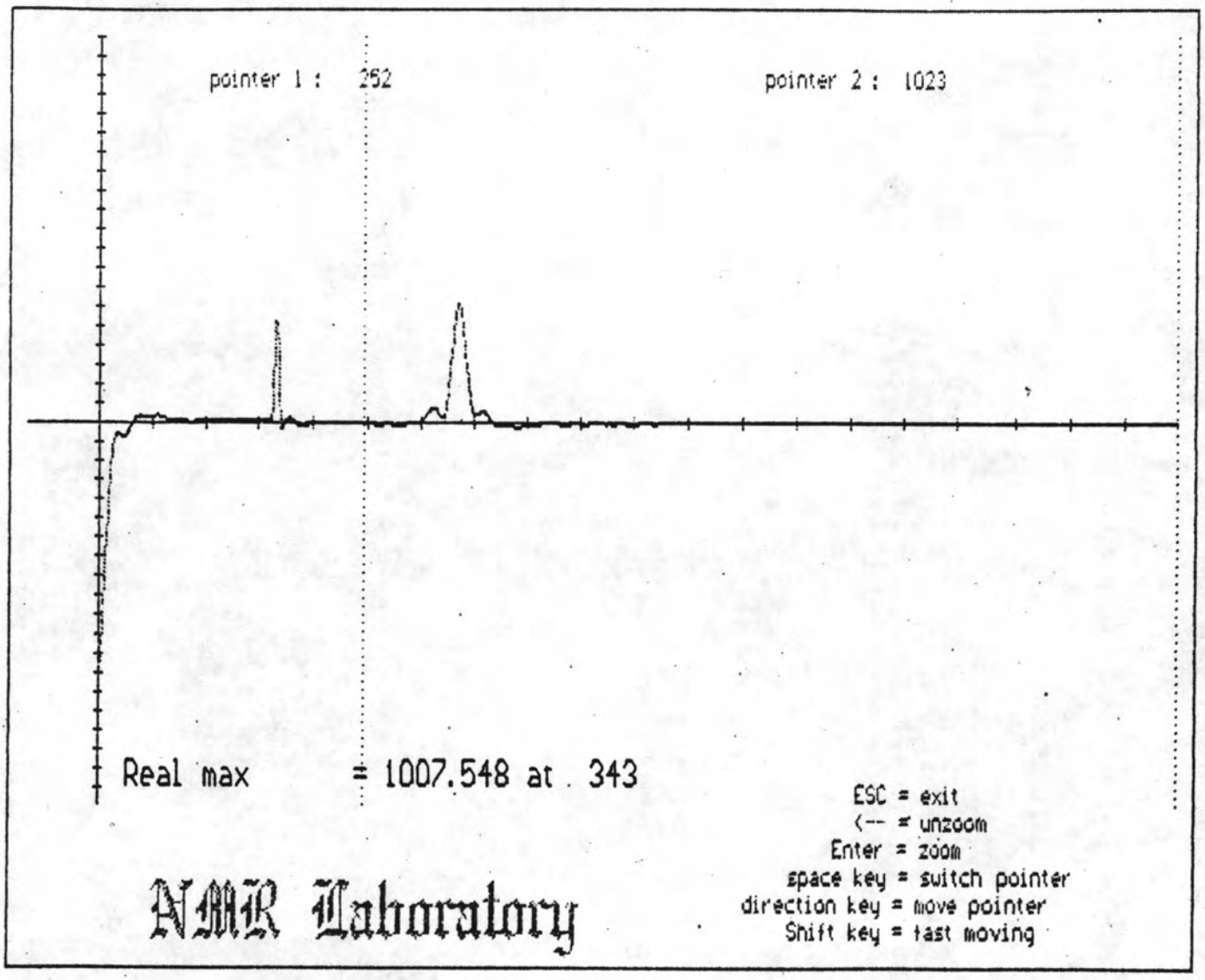
ค.7 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 2.6 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 19.06 มิลลิวินาที

ภาคผนวก ง

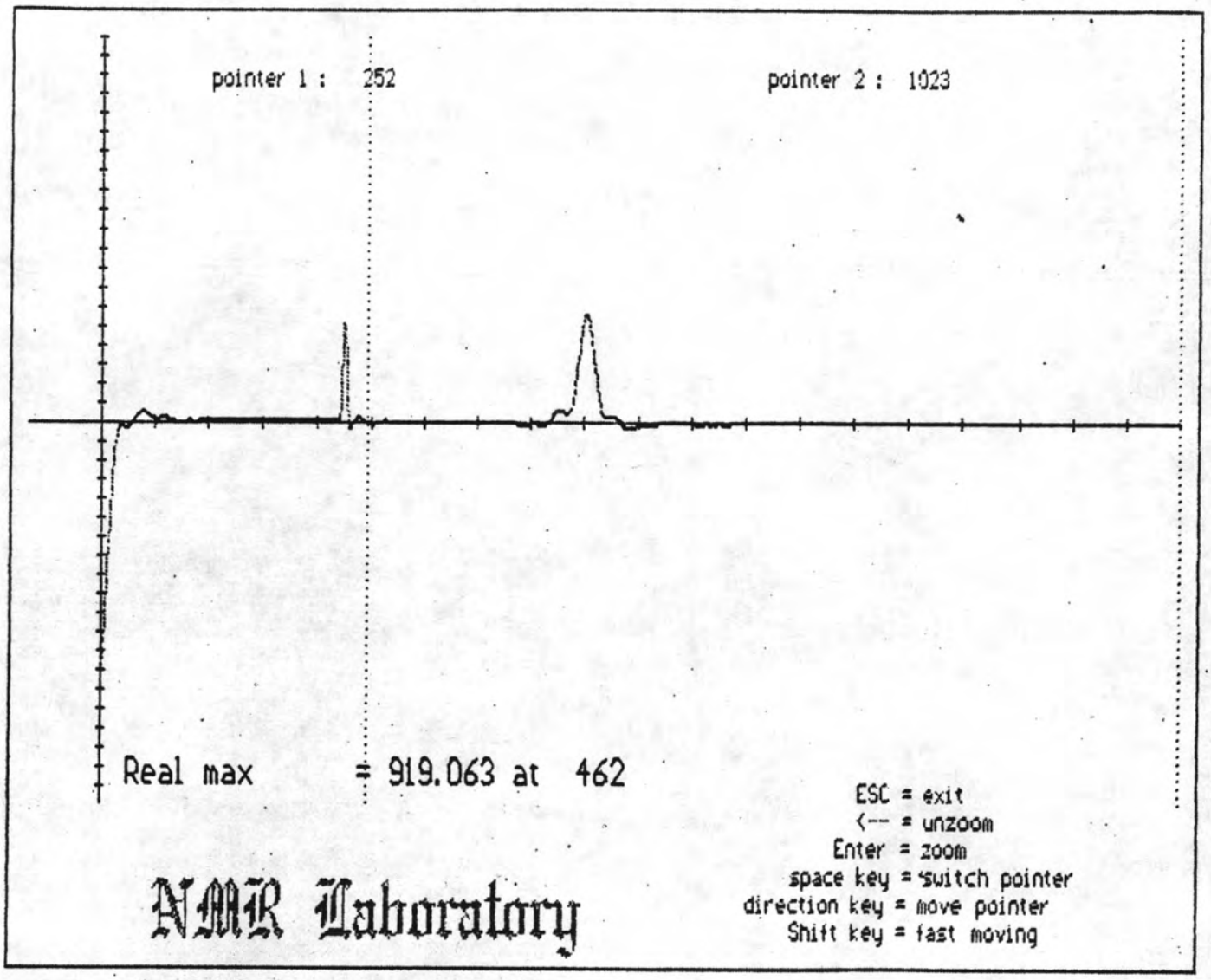
ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์เพื่อหาค่าเวลาผ่อนคลายของ
ไขมันในนมผงปริมาณ 1.3 กรัม



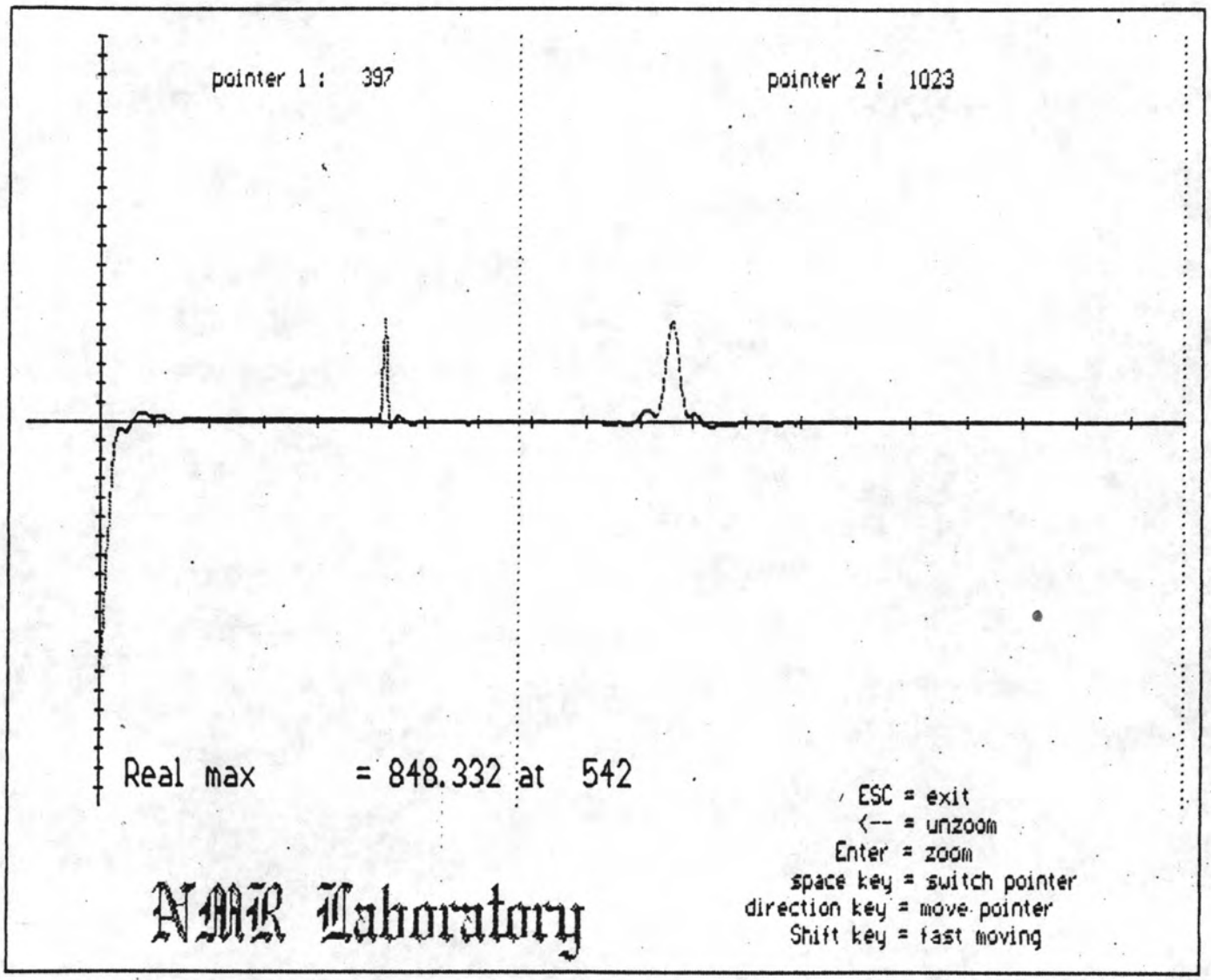
ง.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 3.94 มิลลิวินาที



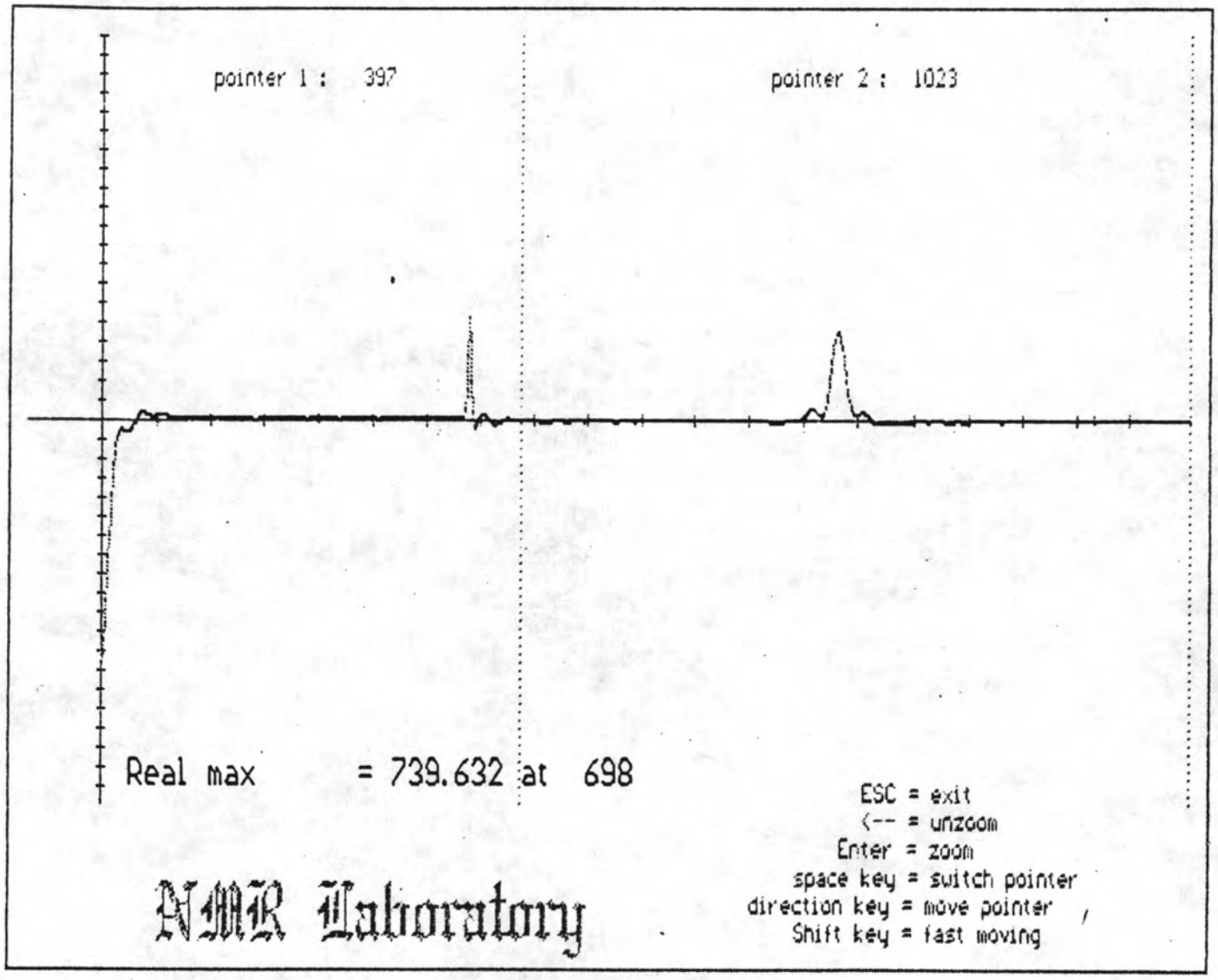
ง.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 6.84 มิลลิวินาที



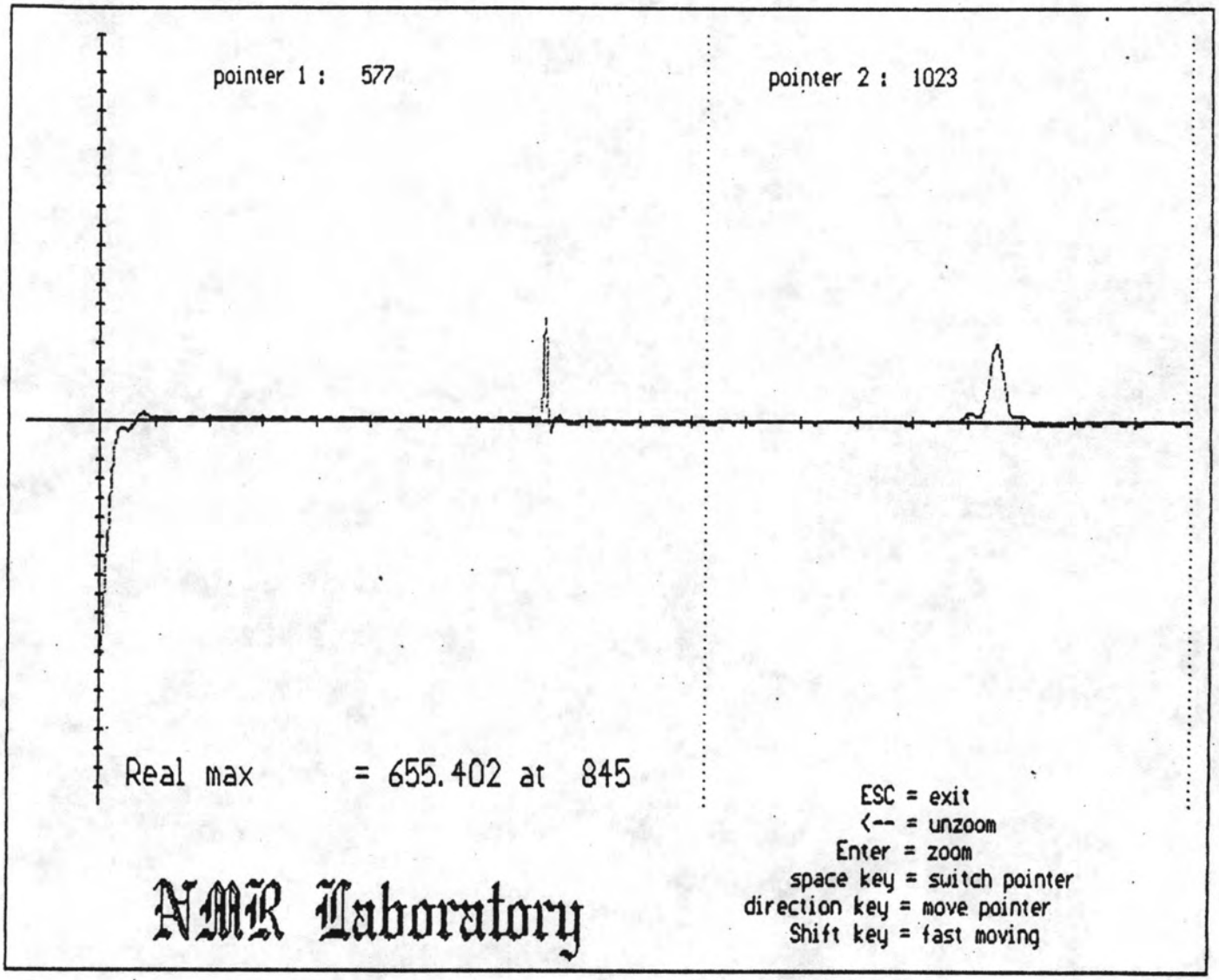
ง.3 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 9.24 มิลลิวินาที



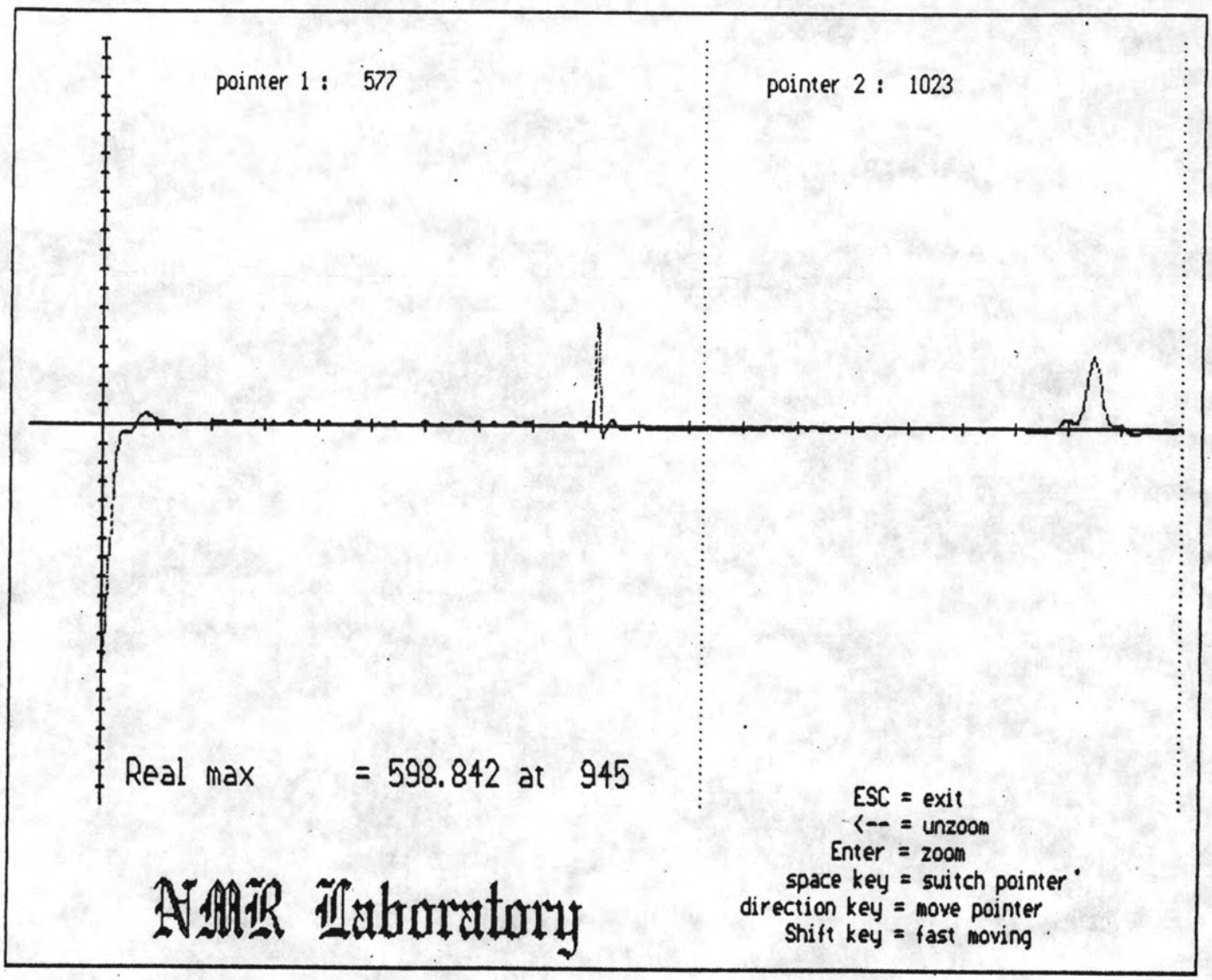
ง.4 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 10.84 มิลลิวินาที



ง.5 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 13.96 มิลลิวินาที



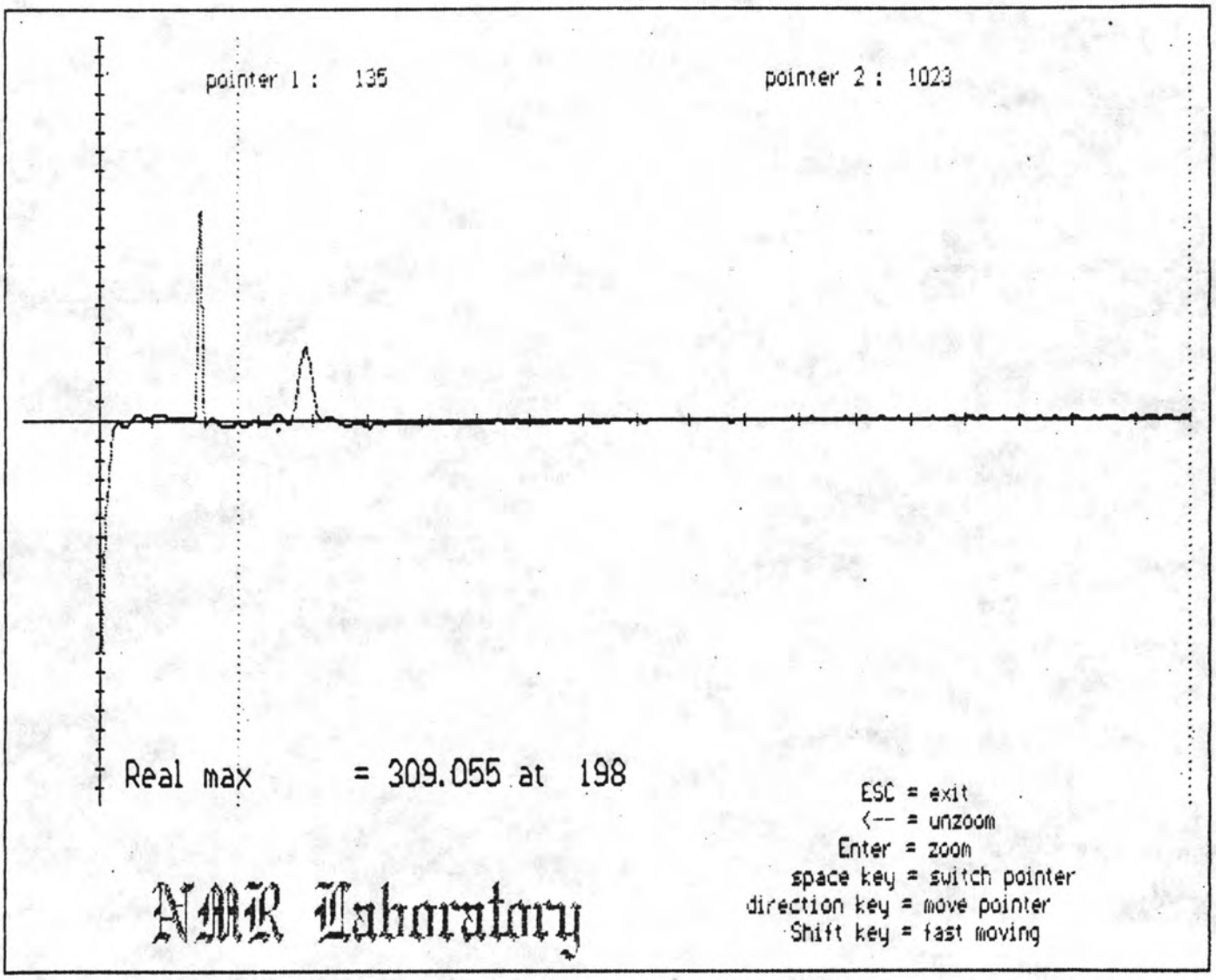
ง.6 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่ง
ช่างมุมฟัลส์ 90 องศา เท่ากับ 16.90 มิลลิวินาที



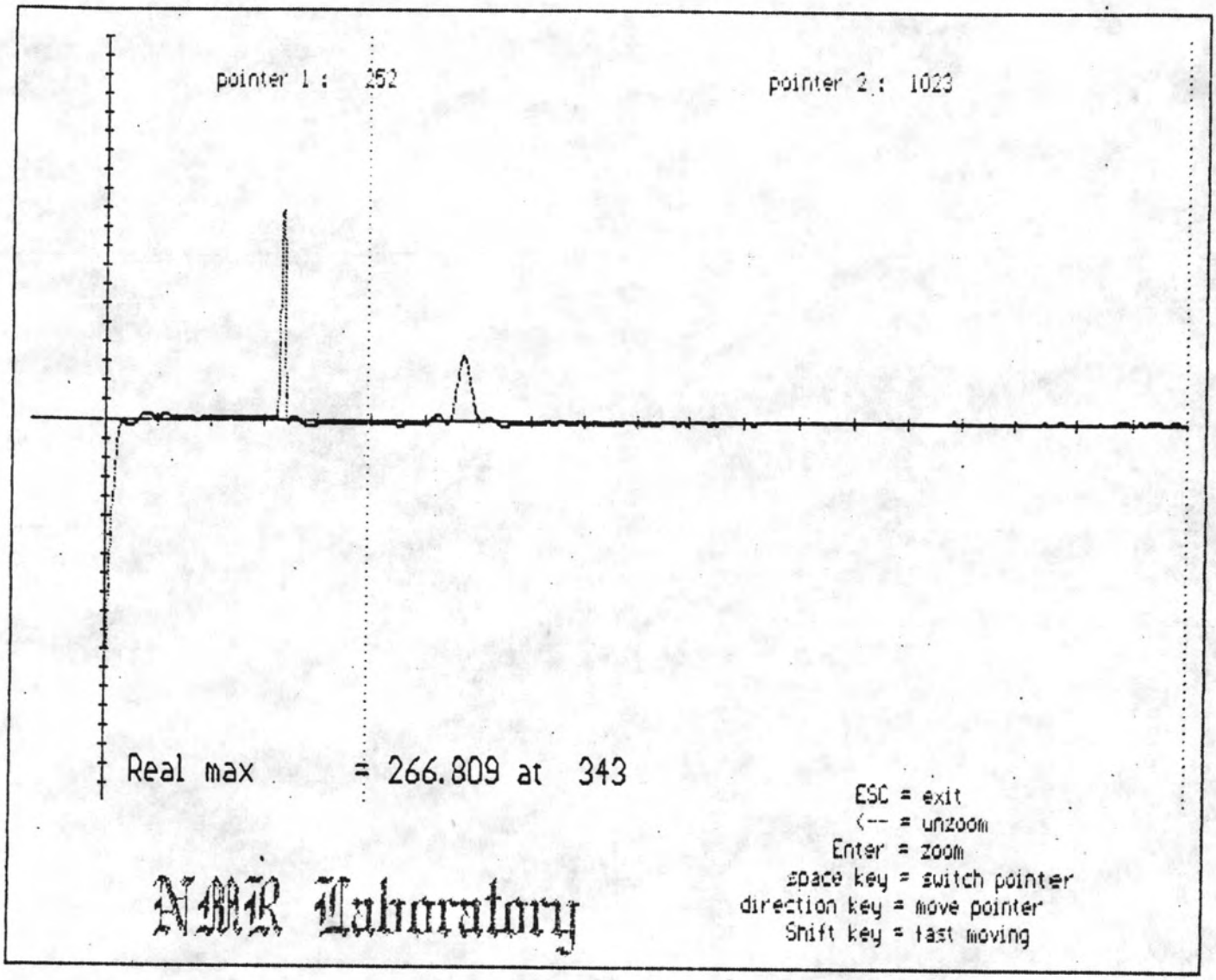
ง.7 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 1.3 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 18.90 มิลลิวินาที

ภาคผนวก จ

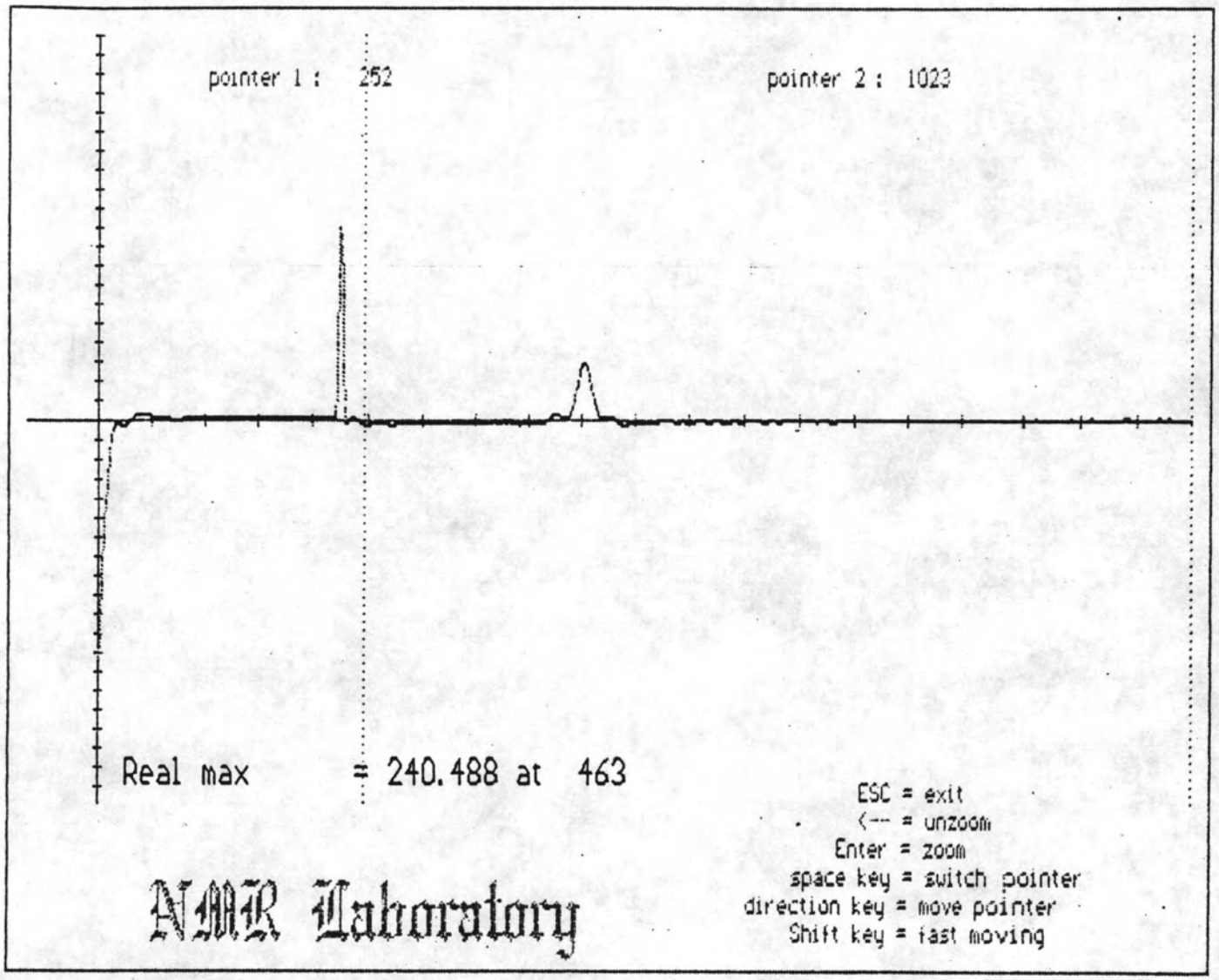
ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์เพื่อหาค่าเวลาผ่อนคลายของ
ไขมันในนมผงปริมาณ 0.33 กรัม



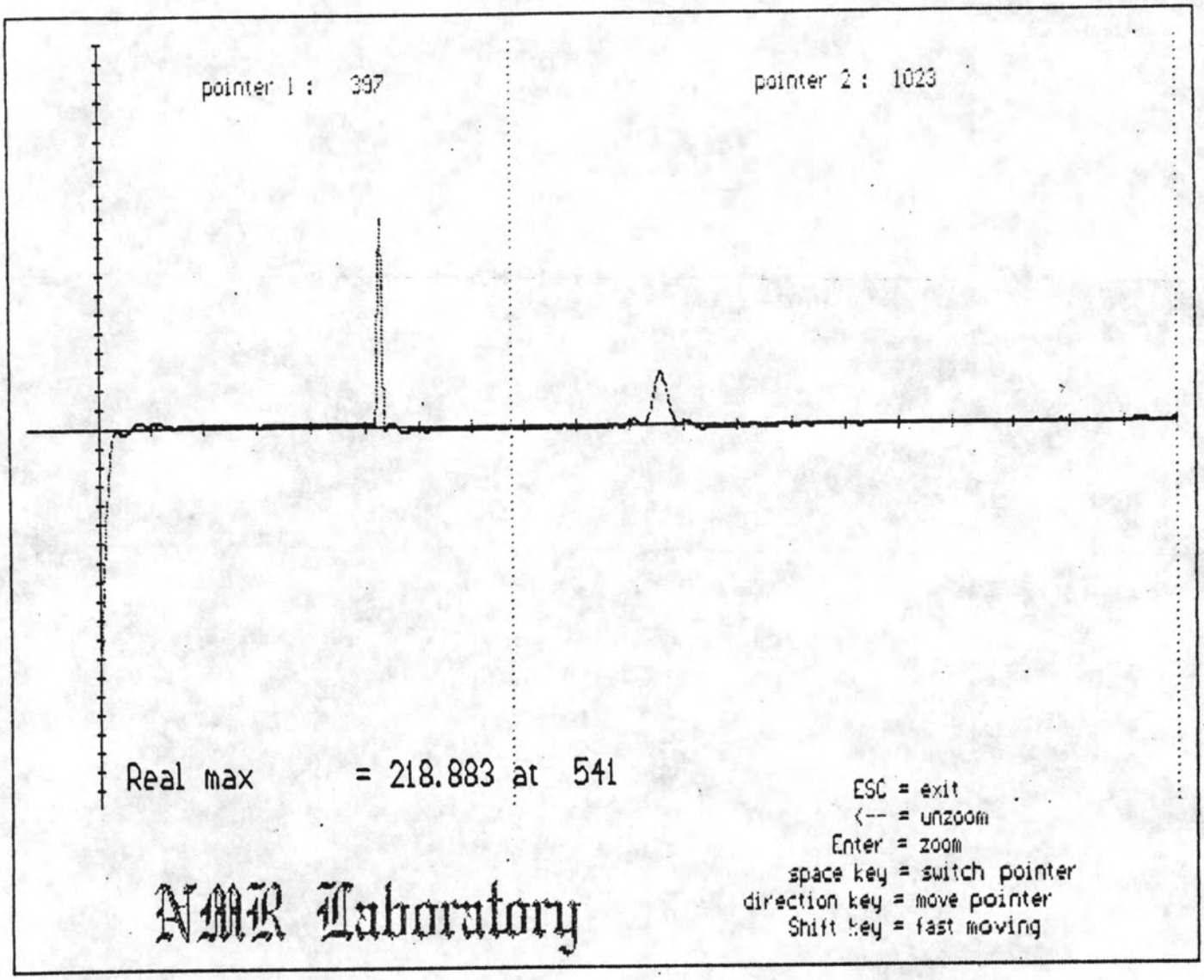
จ.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 3.96 มิลลิวินาที



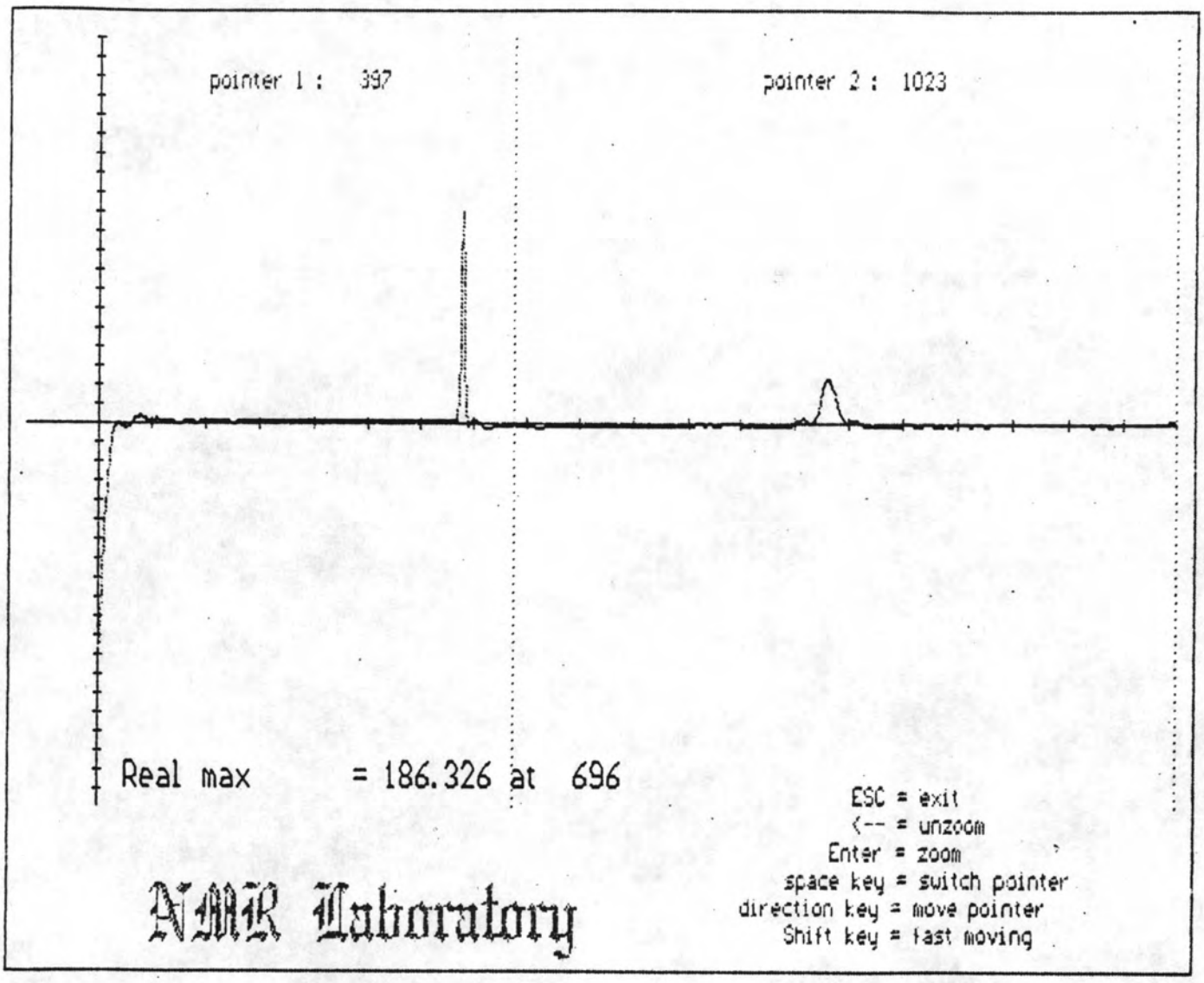
จ.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 6.86 มิลลิวินาที



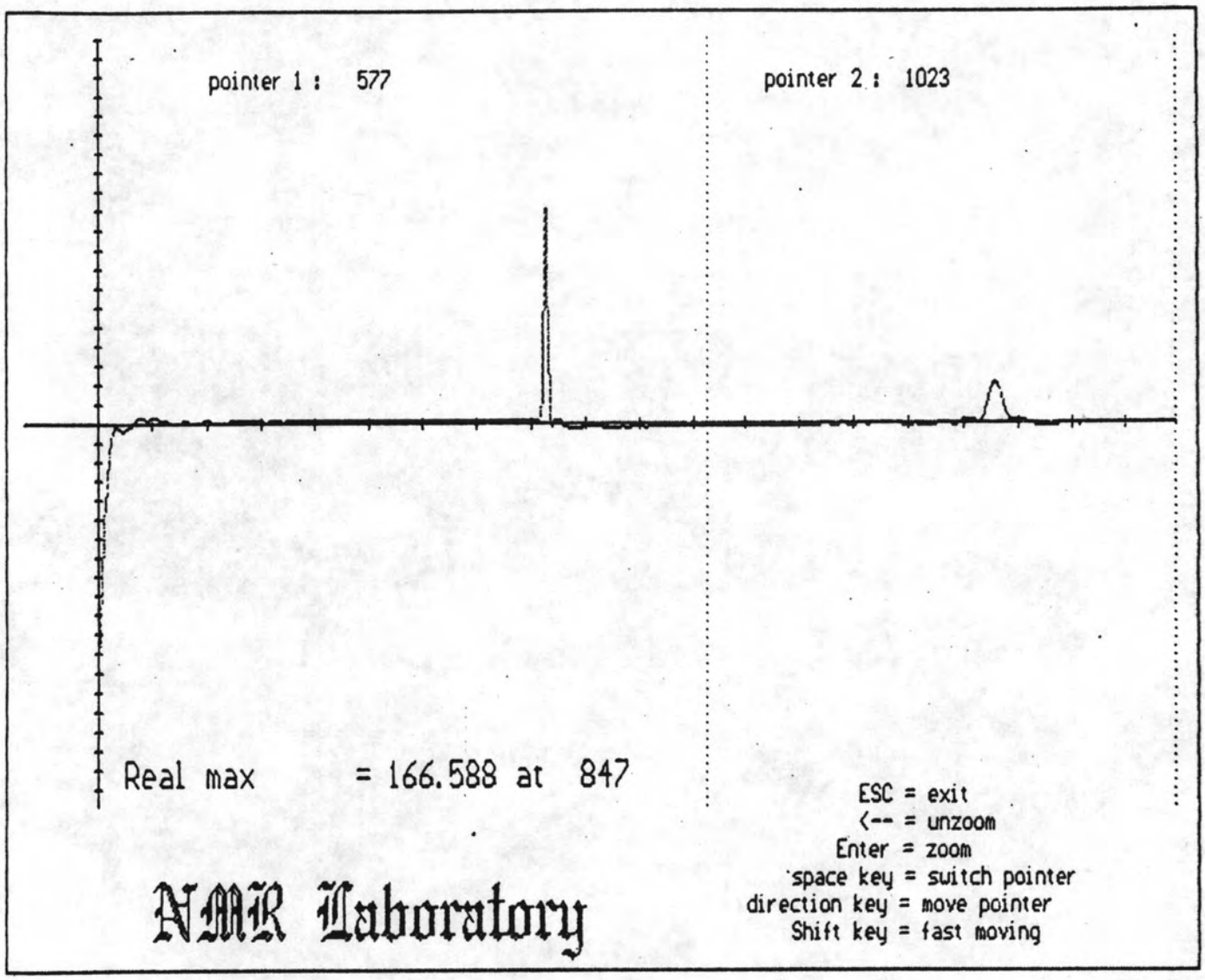
จ.3 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 9.26 มิลลิวินาที



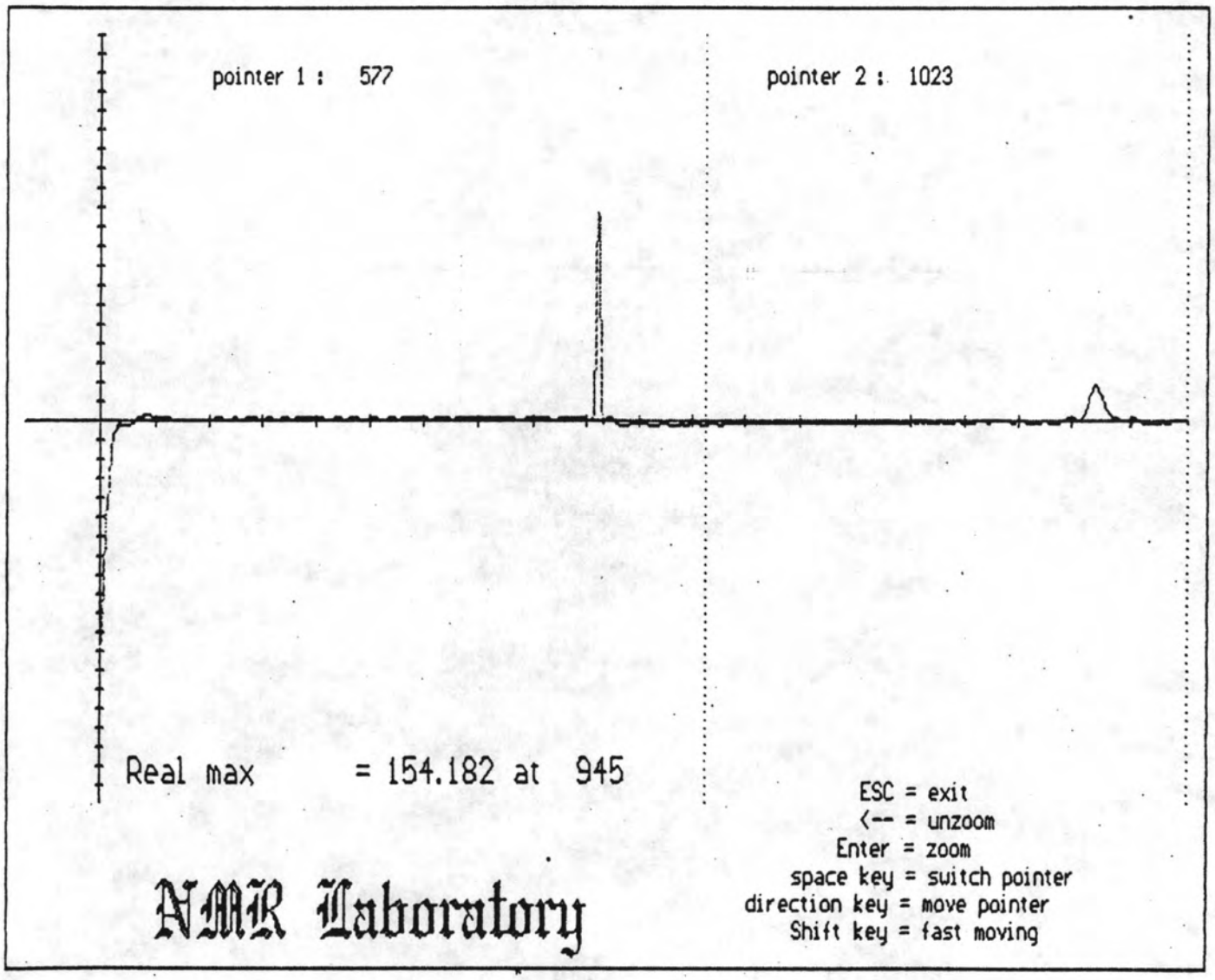
จ.4 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 10.82 มิลลิวินาที



จ.5 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 13.90 มิลลิวินาที



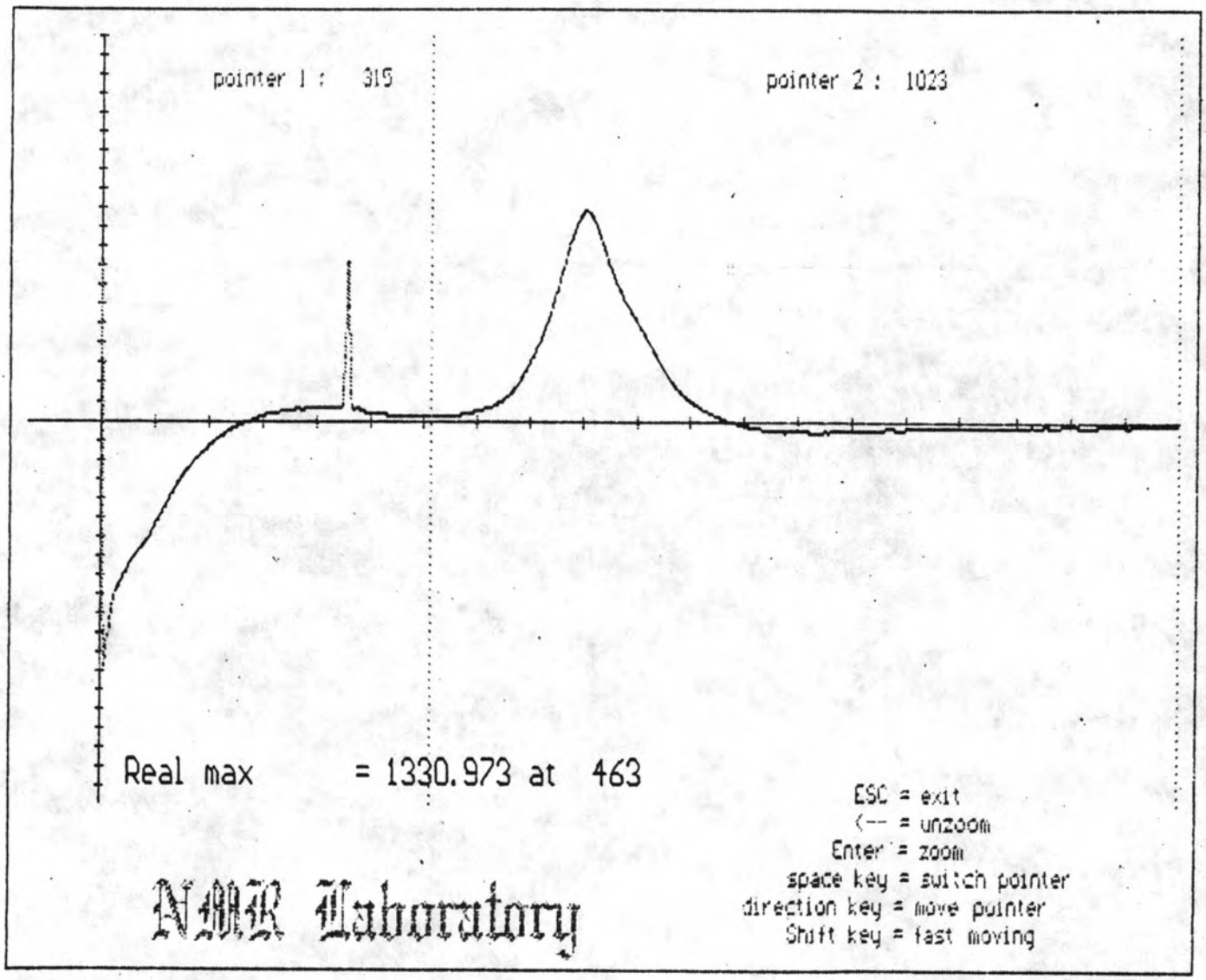
จ.6 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่ง ห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 16.94 มิลลิวินาที



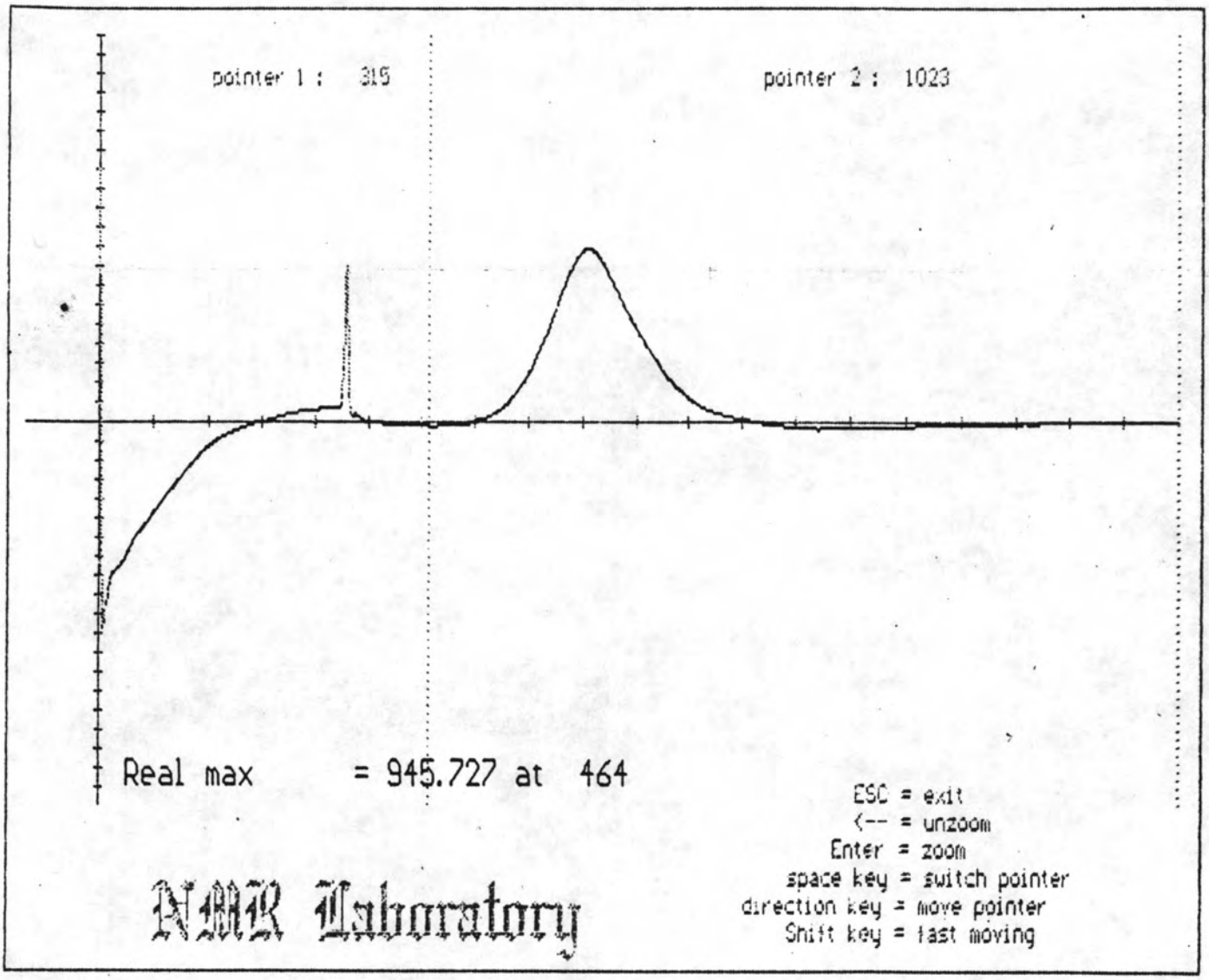
จ.7 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของนมผง 0.33 กรัม ที่ตำแหน่งห่างจากพัลส์ 90 องศา เท่ากับ 18.90 มิลลิวินาที

ภาคผนวก ฉ

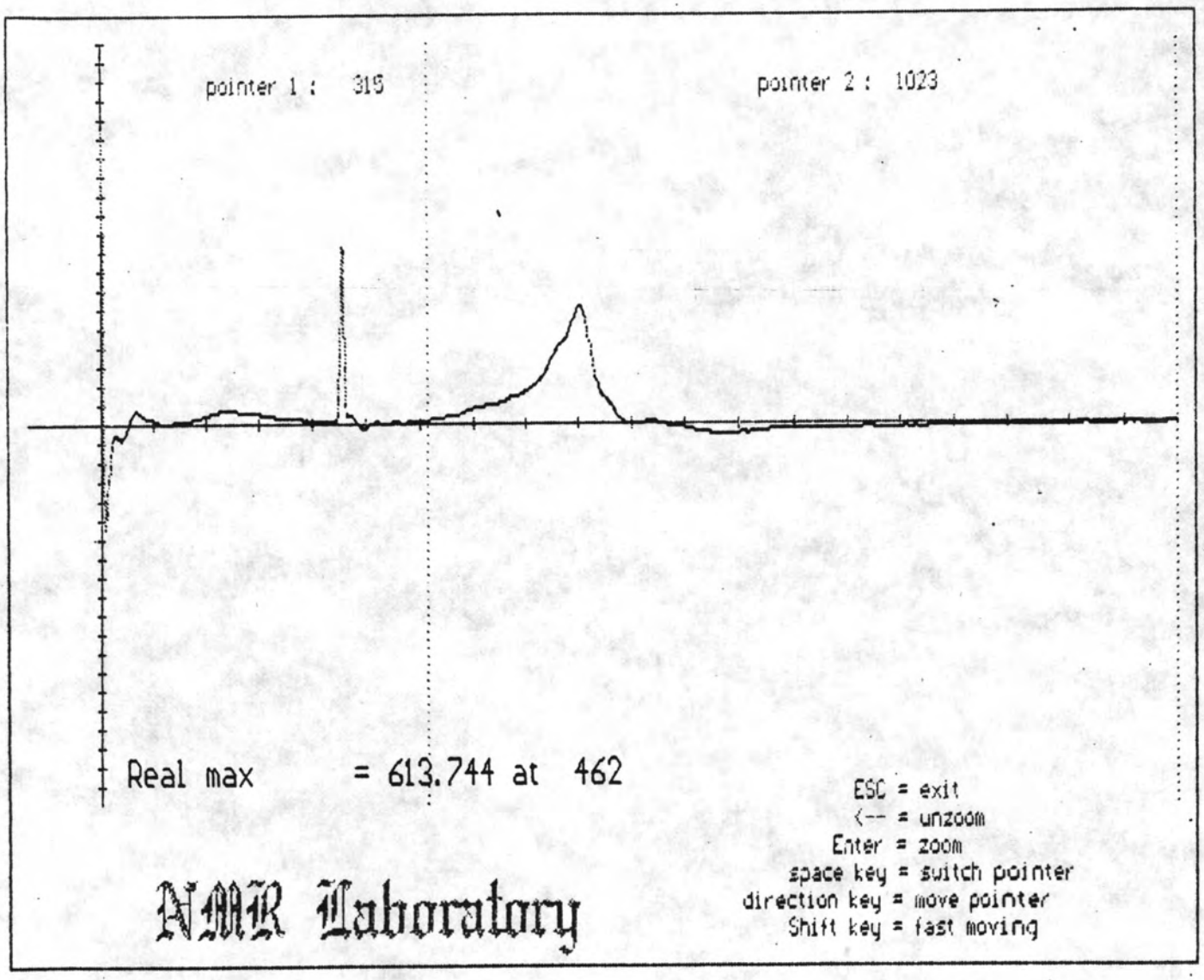
ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมันเพื่อทำกราฟปรับเทียบ ชุดที่ 1
(ไม่ละลายไขมันด้วยคาร์บอนเตตระคลอไรด์)



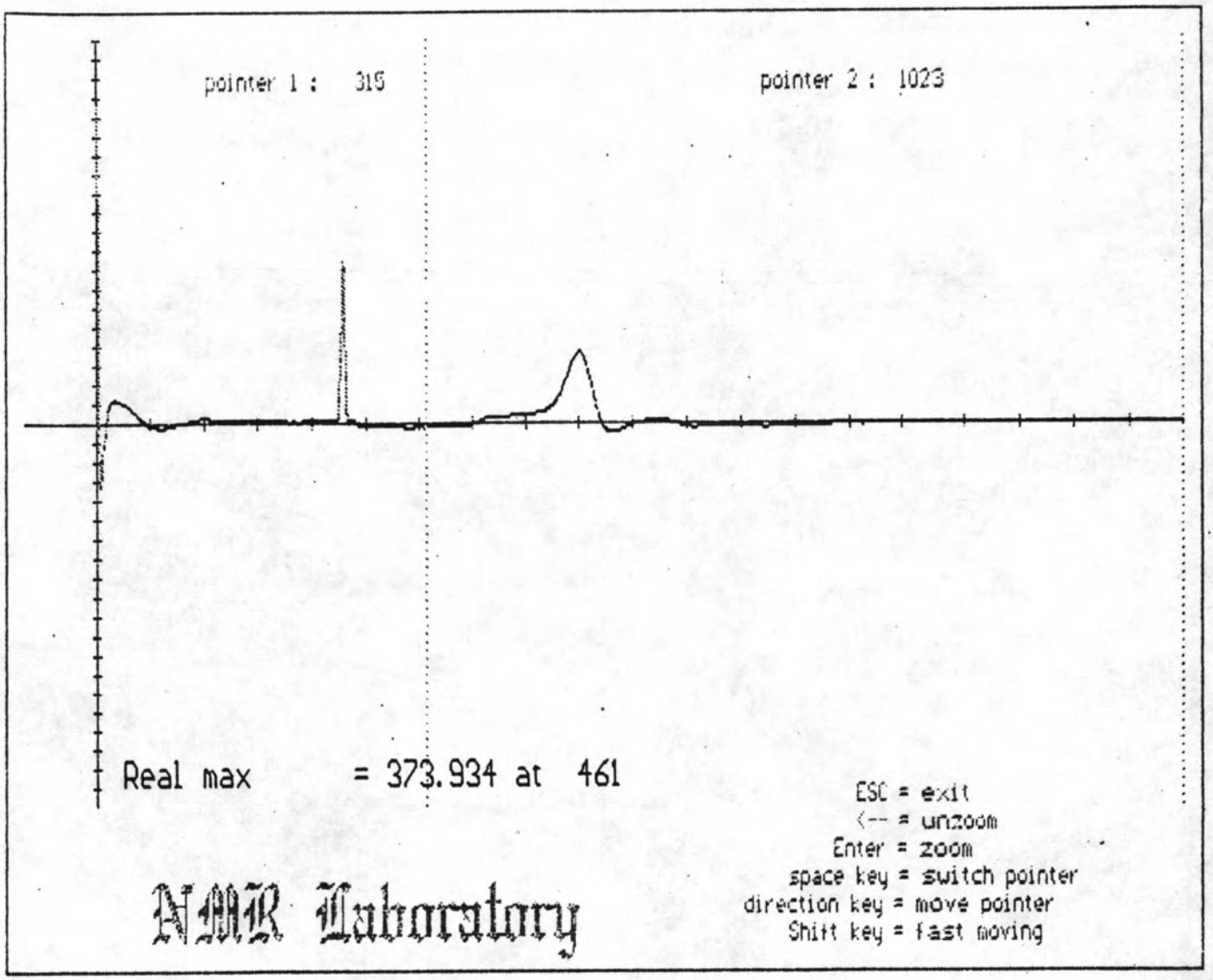
ฉ.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.54 กรัม



ฉ.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.35 กรัม



ฉ.3 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.24 กรัม

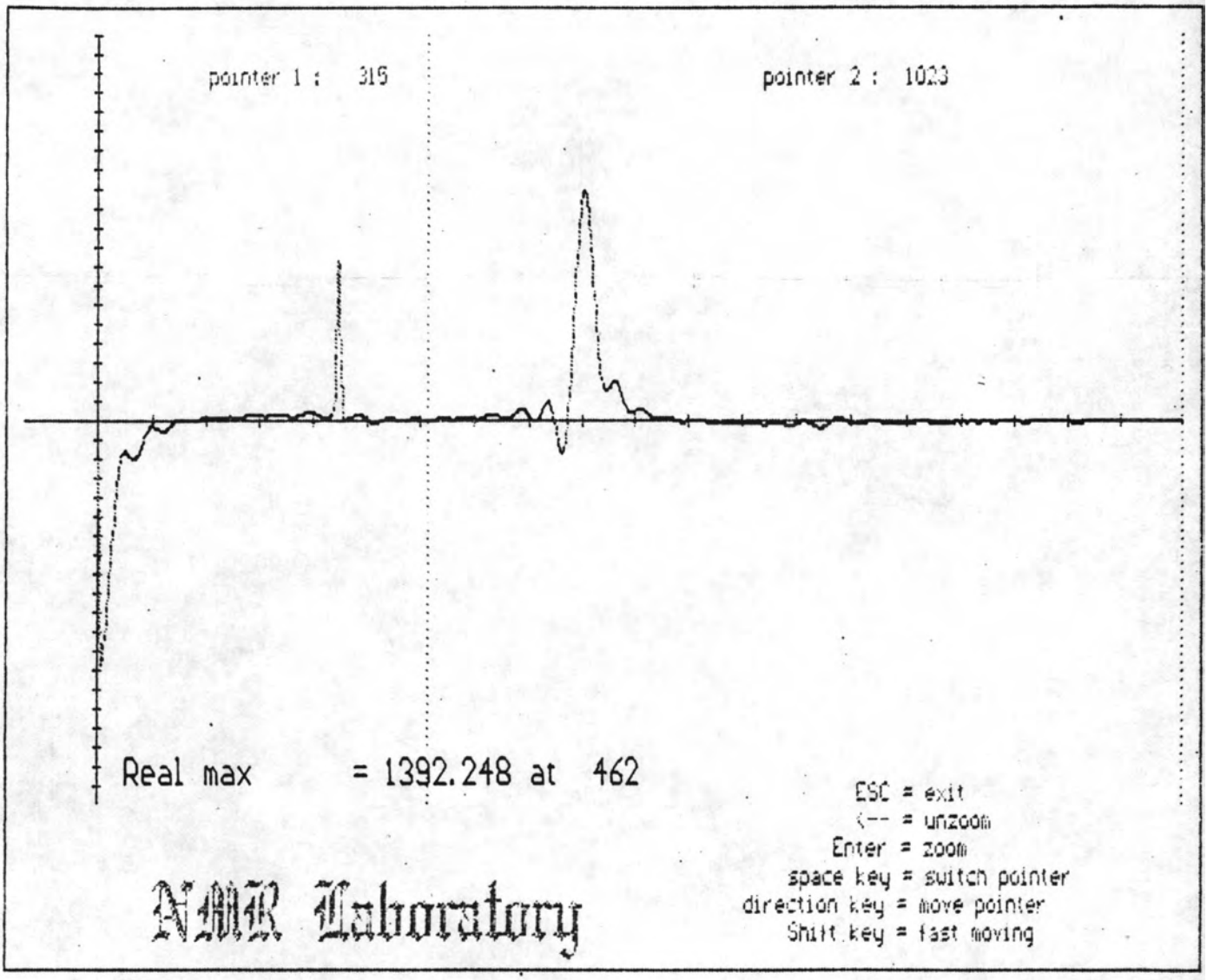


ฉ.4 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.13 กรัม

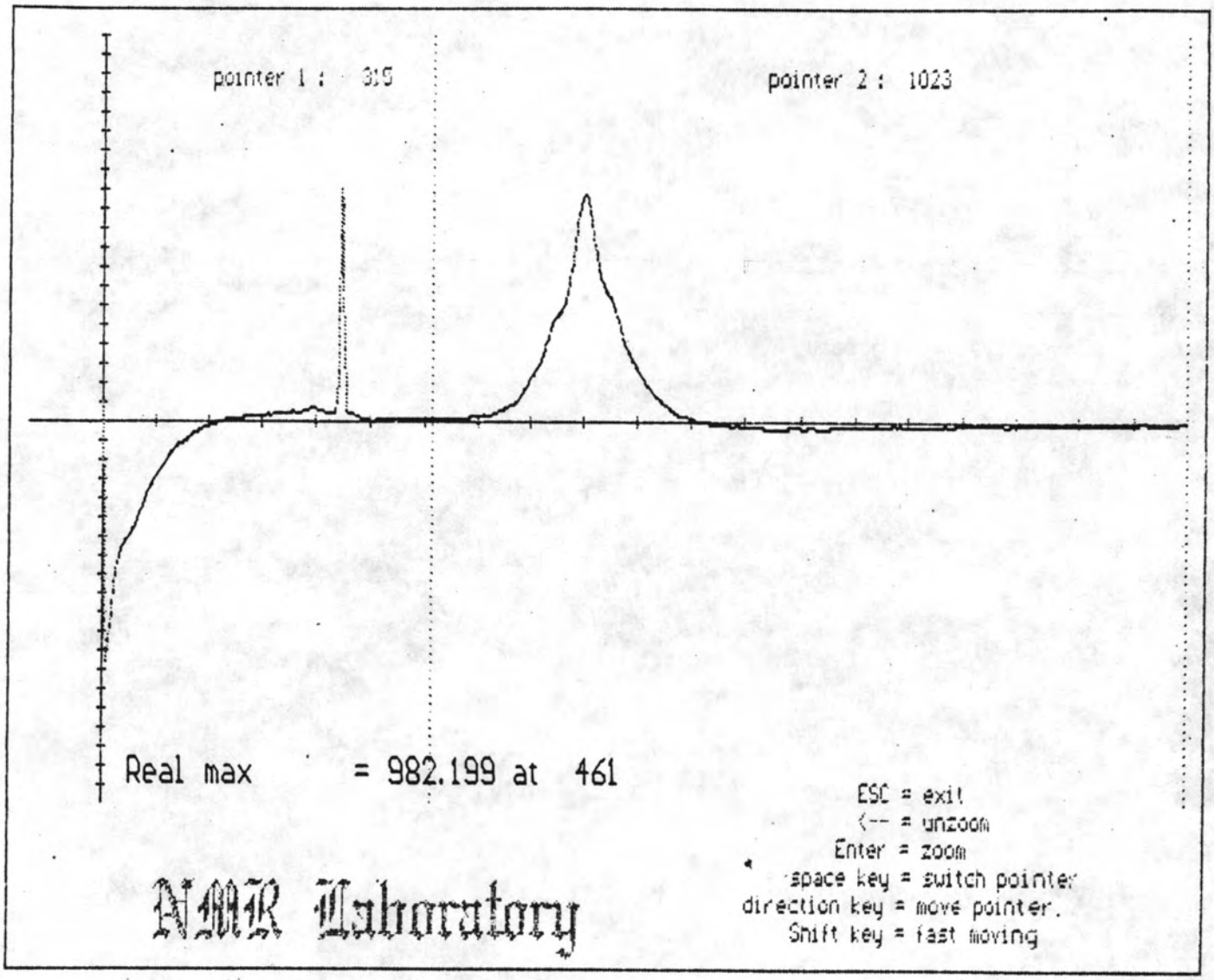
ภาคผนวก ช

ข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมันเพื่อทำกราฟปรับเทียบ ชุดที่ 2

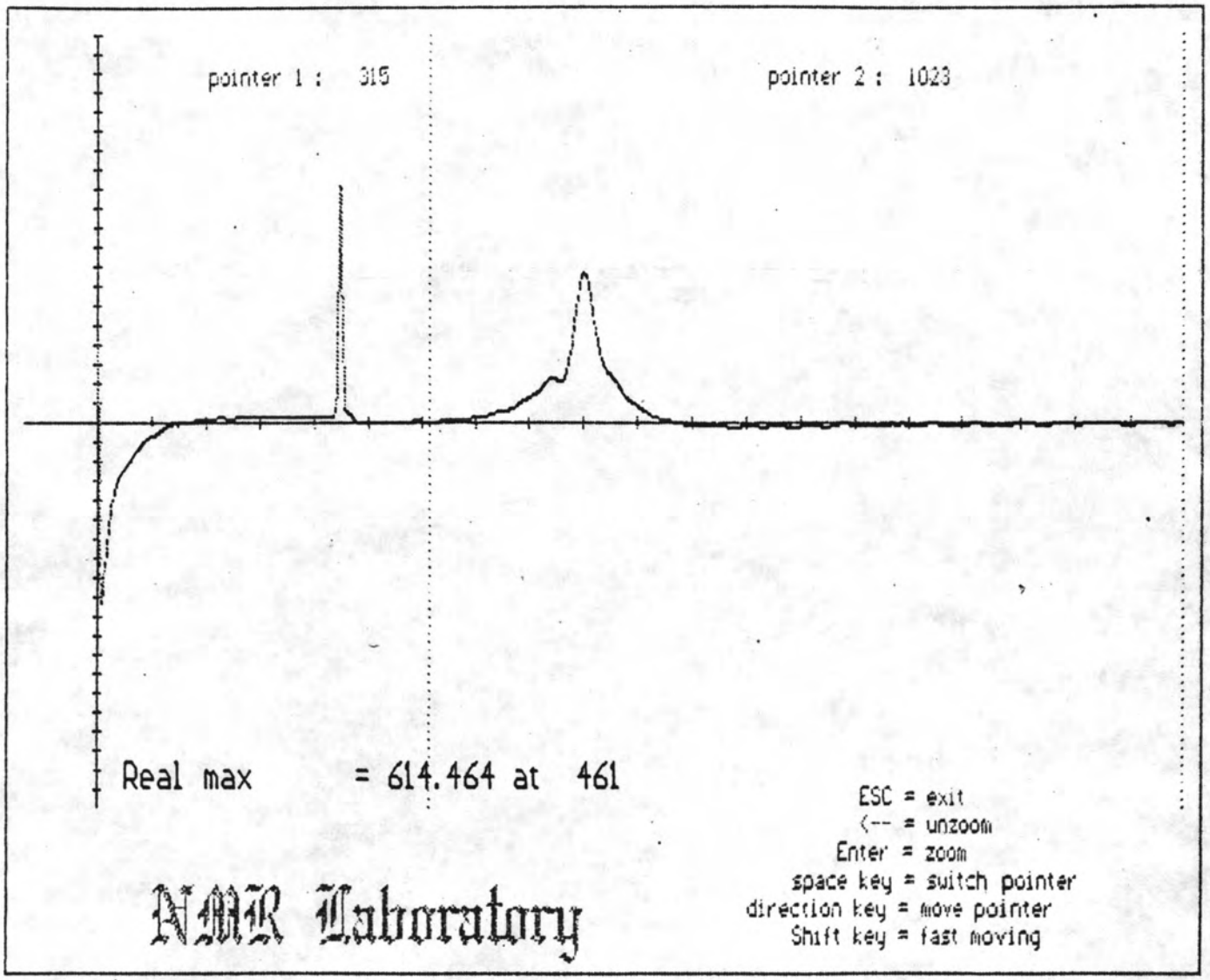
(ละลายด้วยคาร์บอนเตตระคลอไรด์)



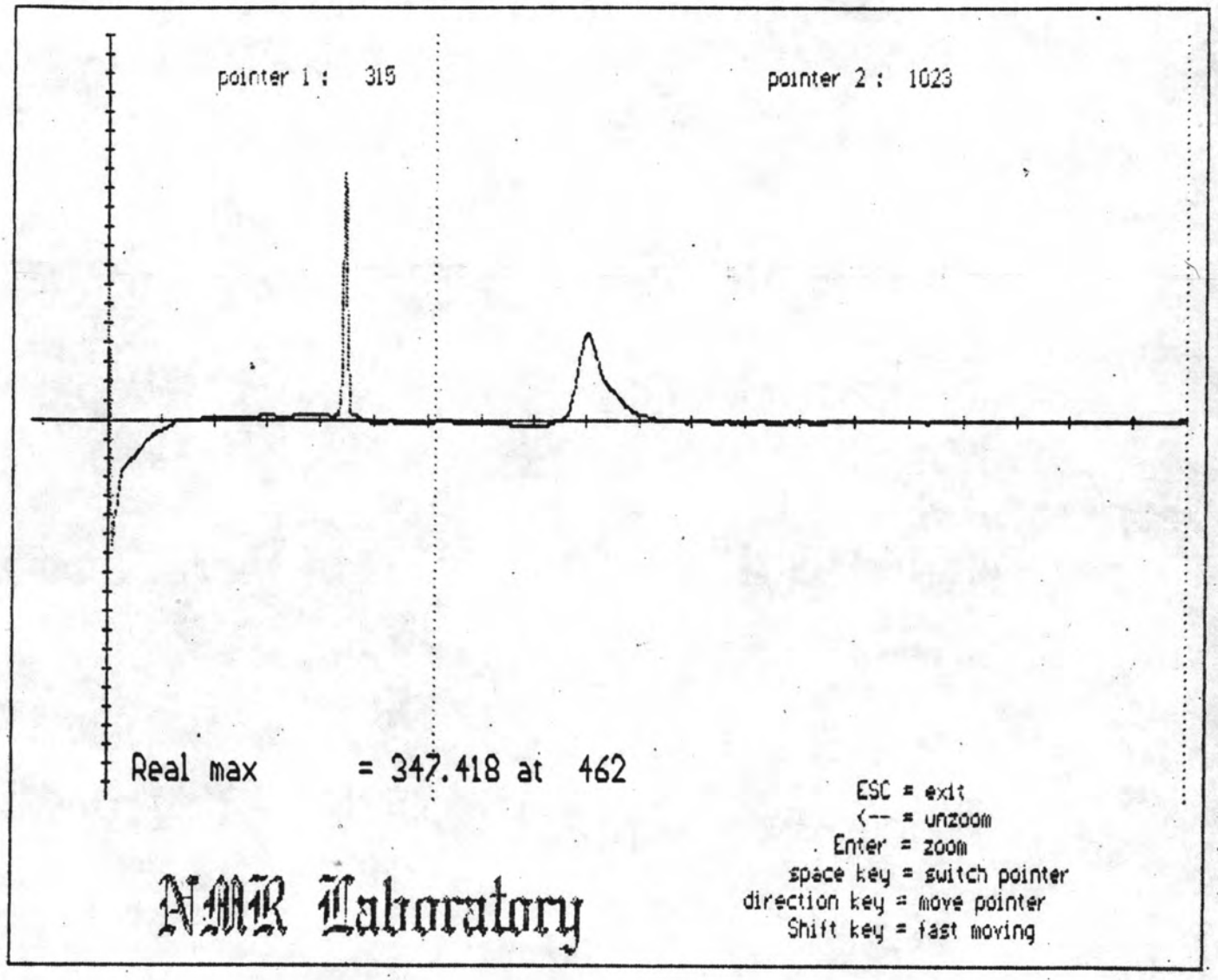
ช.1 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.54 กรัม



ช.2 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.35 กรัม



ช.3 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.24 กรัม



ช.4 ภาพแสดงข้อมูลของการวัดสัญญาณเรโซแนนซ์ของไขมัน 0.13 กรัม

ประวัติผู้เขียน

นายวิชาญ กกกนทา เกิดเมื่อวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2504 ที่จังหวัดชัยภูมิ สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ.2527