

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อวัดปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพด
โดยวิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์

นาย มงคล แจ่มแจ้ง



สถาบันวิทยบริการ
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-639-167-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT FOR MEASURING
OIL CONTENT IN CORN SEEDS
BY MEANS OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE**



Mr. Mongkol Jaemjaeng

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Physics

Department of Physics

Graduate School

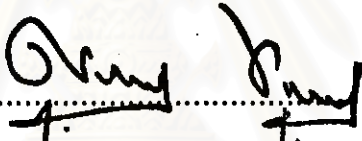
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-639-167-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อวัดปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพดโดยวิธีนิวเคลียร์
 แมกเนติกเรโซแนนซ์
โดย นาย มงคล แจ่มแจ้ง
ภาควิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เต็งหะพันธุ์

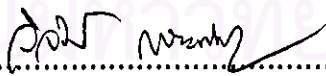
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพงษ์ จิตราภรณ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เต็งหะพันธุ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิรฉัตร รัตนธรรมพันธุ์)

มงคล แจ่มแจ้ง : การพัฒนาเครื่องมือเพื่อวัดปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพดโดยวิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT FOR MEASURING OIL CONTENT IN CORN SEEDS BY MEANS OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE)
อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. อนันตดิน เตชะกำฟู, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. วิจิตร เต็งหะพันธุ์ ,
74 หน้า ISBN 974-639-167-4

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือทางเอ็นเอ็มอาร์สำหรับวัดสัญญาณการดูดกลืนพลังงานจากน้ำมันข้าวโพดในหลอดทดลอง แล้วแปลงสัญญาณให้เป็นปริมาณที่รับรู้ได้เชิงตัวเลขแบบแสดงผลทันที โดยในการวิจัยได้ทำการปรับปรุงเอ็นเอ็มอาร์คิเทคเจอร์ให้มีสัญญาณรบกวนลดลง และทำการสร้างเครื่องมือขึ้นใหม่ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 แอมแปร์ โดยกระแสมีความเรียบ 0.001 แอมแปร์ และคงที่อยู่นาน พัฒนาเครื่องสร้างสนามมอดูเลทสนามแม่เหล็กที่กวาดขึ้นลงเป็นแบบเชิงเส้น สร้างวงจรนับความถี่สูงย่านวิทยุ 1-20 เมกกะเฮิร์ตซ์ โดยมีความละเอียดในการแสดงผล 100 เฮิร์ตซ์ และสร้างวงจรแปลงสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ให้เป็นปริมาณน้ำมันและแสดงผลทันทีออกทางโวลต์มิเตอร์ โดยเทียบให้ความต่างศักย์ 1 มิลลิโวลต์ ให้เท่ากับปริมาณน้ำมัน 1 มิลลิกรัม ซึ่งในการทดลองสามารถแสดงผลได้ในช่วง 3-150 มิลลิกรัม โดยมีความละเอียดในการแสดงผล 1 มิลลิกรัม เครื่องมือนี้สามารถนำไปวัดปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพดเพื่อการพัฒนาและคัดพันธุ์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทัศนิต
สาขาวิชา ทัศนิต
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติกร *Abu F.*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Abu Jomil*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *Abu Wani*

C725752 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD: NMR / CORN OIL / INSTRUMENTATION

MONGKOL JAEMJAENG : DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT FOR MEASURING OIL CONTENT IN CORN SEEDS BY MEANS OF NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. ANUNTASIN TECHAGUMPUCH, Ph.D.

THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. WIJIT SENGHAPHAN, Ph.D. 74 pp.

ISBN 974-639-167-4

In this research NMR instrument for measuring the NMR absorption signal from corn oil was developed. This analog signal was converted, by using electronic circuit, to digital signal so that the content of oil can be directly displayed. In this work, the NMR detector was improved in order to reduced noise, power supplied for electromagnet which provided very stable current for $I_{\max} = 5$ Amperes and $\Delta I = \pm 0.001$ Ampere was constructed, the digital frequency counter for 1 MHz to 20 MHz signal which the accuracy of 100 Hz was designed and developed. Magnetic field modulation in this NMR measurement was provided by sending triangular-sharp current through electronic coil, circuit for this current source was also made. The converter which changes NMR signal into digital signal was carefully designed so that the mass of corn oil can be directly read from the display unit. This NMR equipment can be used to measured in range of 3-150 mg with a resolution of 1 mg. This equipment can be use to estimate the amount of oil in corn seeds for the propose of seeds selection.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....ฟิสิกส์

สาขาวิชา.....ฟิสิกส์

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อนิสิต..... *สมชาย*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Dr. W. J. S.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *Dr. W. S.*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากคำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร เต็งหะพันธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน ซึ่งเป็นคณะที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้ที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้ และที่สำคัญที่สุดขอขอบพระคุณบิดามารดาและญาติๆ ที่สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยและผู้วิจัยให้มีโอกาสศึกษามาโดยตลอด



สถาบันวิทย์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นไปได้ในการใช้วิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์มาทำการวัด ปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพด.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
2 ทฤษฎีพื้นฐานของนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์และหลักการพัฒนาเครื่องมือ.....	5
2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	5
2.2 สถิติของโบลต์ซมานน์ (Boltzmann Statistics).....	9
2.3 Relaxation.....	11
2.4 หลักการสร้างเครื่องมือ.....	12
3 การออกแบบวงจร.....	21
3.1 วงจรโรบินสันดีเทคเตอร์.....	21

บทที่

3 (ต่อ)

3.2	วงจรมับความถี่สูงย่านวิทยุ 1 - 20 MHz.....	24
3.3	แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงแม่เหล็กไฟฟ้า	26
3.4	แม่เหล็กไฟฟ้า.....	33
3.5	วงจรมอดูเลทสนามแม่เหล็ก.....	33
3.6	วงจรมอดูเลทสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์.....	44
3.7	วงจรมอดูเลทสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์เป็นปริมาณน้ำมันข้าวโพด.....	46
3.8	วงจรมอดูเลท.....	51
4	การใช้เครื่องมือ.....	52
4.1	ขั้นตอนการต่อชุดทดลอง.....	52
4.2	วิธีการทดลอง.....	54
4.3	การปิดเครื่องมือ.....	55
4.4	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ	55
4.5	ทดสอบวัดสัญญาณจากเมล็ดข้าวโพด.....	57
5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1	ข้อสรุปที่ได้จากการวิจัย.....	58
5.2	ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข.....	59
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	60

รายการอ้างอิง	61
ภาคผนวก	
ก. ข้อมูลไอซีหมายเลข 7107.....	63
ข. ข้อมูลไอซีหมายเลข 7216.....	66
ค. รายการอุปกรณ์โรบินสันดีเทคเตอร์.....	72
ง. สมบัติของน้ำมันข้าวโพคที่ใช้ทดลอง.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	74



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

หน้า

รูปที่

- 1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันข้าวโพดที่ได้จากการสกัดกับเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันข้าวโพดที่ได้จากการทดลอง..... 2
- 2.1 แสดงการแยกของระดับพลังงานของโปรตอนในสนามแม่เหล็กสถิต ขนาด B_0 7
- 2.2 (ก) แสดงการวางตัวของโมเมนต์แม่เหล็ก $\vec{\mu}$ ในสนามแม่เหล็กสถิต \vec{B}_0 8
(ข) แสดงสนามแม่เหล็กสถิต \vec{B}_1 ในแนวตั้งฉากกับ \vec{B}_0 ซึ่งทำให้โปรตอนเปลี่ยนทิศของสปินและเปลี่ยนระดับพลังงาน 8
- 2.3 แสดงการวางขดลวดทองแดงที่ให้กำเนิดสนามแม่เหล็กสถิต B_1 ในแม่เหล็กที่ให้กำเนิดสนามแม่เหล็กสถิตขนาด B_0 12
- 2.4 (ก) แสดงความต่างศักย์ต่ำสุดถึงสูงสุดพร้อมขดลวดทองแดงก่อนการเกิดเรโซแนนซ์... 13
(ข) แสดงความต่างศักย์ต่ำสุดถึงสูงสุดพร้อมขดลวดทองแดงขณะเกิดเรโซแนนซ์..... 13
- 2.5 แสดงการกวาดขึ้นลงของสนามแม่เหล็กขนาดเล็ก B_m ซึ่งใช้มอดูเลทกับสนามแม่เหล็กสถิต B เพื่อให้สนามแม่เหล็กกวาดผ่านจุดเรโซแนนซ์หรือผ่านจุดที่สนามแม่เหล็กมีค่า B_0 ในรูป t เป็นเวลา..... 13
- 2.6 แสดงการกวาดขึ้นลงของสนามแม่เหล็ก B_m ที่มอดูเลทกับสนามแม่เหล็ก B ทำให้สนามแม่เหล็กกวาดผ่านจุด B_0 ซึ่งเป็นจุดเรโซแนนซ์ ในรูป t เป็นเวลา..... 14
- 2.7 (ก) แสดงทิศของสนามแม่เหล็ก \vec{B}_m 14
(ข) แสดงการวางขดลวดทองแดงมอดูเลทเพื่อมอดูเลทสนามแม่เหล็ก B 14
- 2.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณความต่างศักย์จากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุดเมื่อสนามแม่เหล็ก B_m กวาดผ่านจุดเรโซแนนซ์..... 15

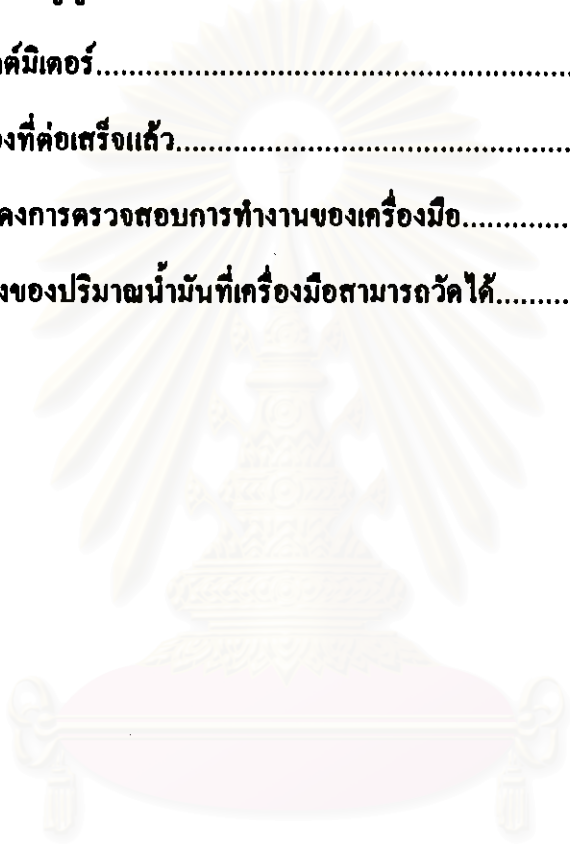
รูปที่

2.9	แสดงสัญญาณ NMR มอดูเลทแบบ AM กับความถี่สูง (จำลอง).....	15
2.10	แสดงสัญญาณการดูดกลืนพลังงานเมื่อเกิดเรโซแนนซ์หรือสัญญาณ NMR(จำลอง).	16
2.11	แสดงการเกิดพีกสัญญาณ NMR ในการกวาด 1 รอบของสนามแม่เหล็ก \vec{B}_m	16
2.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของสัญญาณ NMR หรือ h กับมวลของน้ำมันข้าวโพด (m)	17
2.13	แสดงวงจรวัดความสูงของพีกสัญญาณ NMR (peak voltage detector) และแสดงผลอยู่ในรูปไฟตรง.....	18
2.14	แสดงการเปลี่ยนค่าความสูงสัญญาณ NMR เป็นปริมาณน้ำมัน โดยใช้วงจรหารด้วยค่า k	19
2.15	ผังชุดวัดปริมาณน้ำมันในเมล็ดข้าวโพด.....	20
3.1	แสดงส่วนต่างๆ ของวงจรโรบินสันดีเทคเตอร์อย่างคร่าวๆ.....	22
3.2	แสดงวงจรโรบินสันดีเทคเตอร์ที่ได้รับการออกแบบอย่างสมบูรณ์	22
3.3	การพันขดลวดทองแดงอาร์เอฟ.....	23
3.4	โพรบอาร์เอฟอย่างสมบูรณ์.....	23
3.5	แสดงการต่อวงจรประยุคต์ของไอซีเบอร์ ICL7216D เพื่อเป็นวงจรมับความถี่.....	24
3.6	แสดงวงจรหารสิบ.....	25
3.7	วงจรขยายแบบแคคเคดโดยใช้ทรานซิสเตอร์.....	25
3.8	แสดงวงจรสร้างพัลส์รูปสี่เหลี่ยมจากคลื่นรูป sine โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS13.....	26
3.9	วงจรมับความถี่ 1 - 20 MHz.....	27
3.10	วงจรจ่ายกระแสคงที่.....	28
3.11	วงจรจ่ายไฟเลี้ยงแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์.....	30

รูปที่

3.11b	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับกระแสที่ผ่านแม่เหล็กซึ่งทำให้เห็นสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ได้จากจอยออสซิลอสโคป.....	32
3.12	วงจรจ่ายกระแสรูปสามเหลี่ยมให้กับขดลวดมอดูเลท.....	34
3.13	แสดงคลื่นรูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากวงจรกำเนิดคลื่นรูปสามเหลี่ยม.....	35
3.14	แสดงการทำงานของออปแอมป์ที่มีการป้อนกลับแบบบวก.....	36
3.15	แสดงการรวมวงจรอินทิเกรเตอร์กับวงจรคอมพารเตอร้เพื่อสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม.....	37
3.16	แสดงรูปคลื่นการทำงานของวงจรกำเนิดคลื่นในรูปที่ 3.13.....	38
3.17	วงจรทบแรงดัน.....	39
3.18	(ก) แสดงคลื่นรูปสามเหลี่ยมจากวงจรกำเนิดคลื่นรูปสามเหลี่ยม.....	40
	(ข) แสดงคลื่นรูปสามเหลี่ยมเมื่อผ่านวงจรทบแรงดัน.....	40
3.19	วงจรมอดูเลทสนามแม่เหล็กอย่างสมบูรณ์.....	42
3.20a	แสดงการพันขดลวดมอดูเลท.....	43
3.20b	แสดงการปรับเลื่อนพิกสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ไปทางซ้ายสุดและขวาสุด.....	44
3.21	วงจรมอดูเลทแบบกลับเฟสโดยใช้ออปแอมป์.....	45
3.22	แสดงสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ที่ออกจาก โรบินสันคิเทคเตอร้.....	45
3.23	วงจรมอดูเลทสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์ 1000 เทำโดยใช้ออปแอมป์.....	46
3.24	แสดงวงจรมอดูเลทความสูงของพิกสัญญาณ (peak voltage detector).....	46
3.25	วงจรมอดูเลทความสูงของพิกสัญญาณเอ็นเอ็มอาร์อย่างสมบูรณ์.....	47

3.26	วงจรถ่ายด้วย k	48
3.27	กราฟเพื่อหาค่า k จากการทดลอง.....	49
3.28	วงจรถ่ายสัญญาณ NMR เป็นปริมาณน้ำมันข้าวโพดอย่างสมบูรณ์.....	50
3.29	วงจรถ่ายโวลต์มิเตอร์.....	51
4.1	ชุดทดลองที่ต่อเสร็จแล้ว.....	53
4.2	กราฟแสดงการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ.....	55
4.3	แสดงช่วงของปริมาณน้ำมันที่เครื่องมือสามารถวัดได้.....	56



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย