

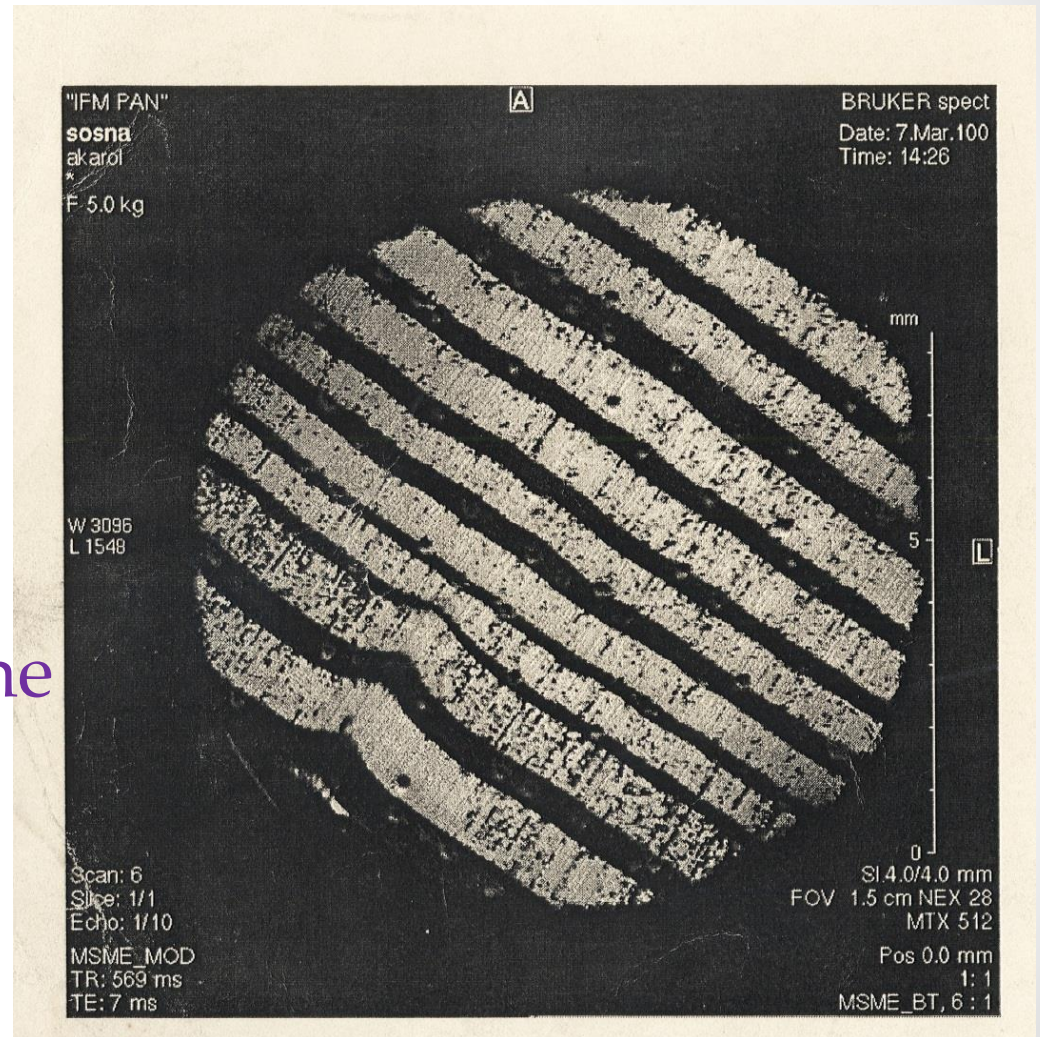
NMR

- Obrazowanie
- Spektroskopia wysokiej zdolności rozdzielczej
- Niskopolowy magnetyczny rezonans jądrowy - relaksometria

Obrazowanie

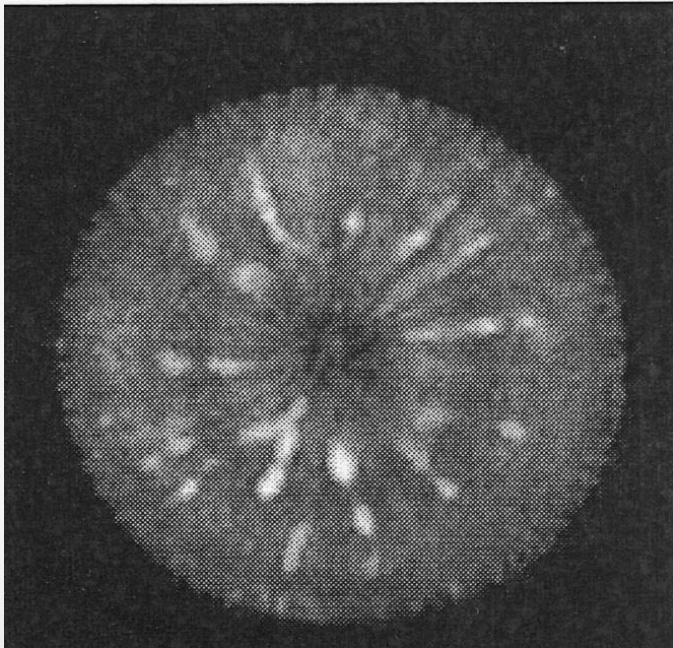
Magnetyzacja
w wybranej objętości
(wokselu):

- gęstość spinów
- czas relaksacji
- przesunięcie chemiczne

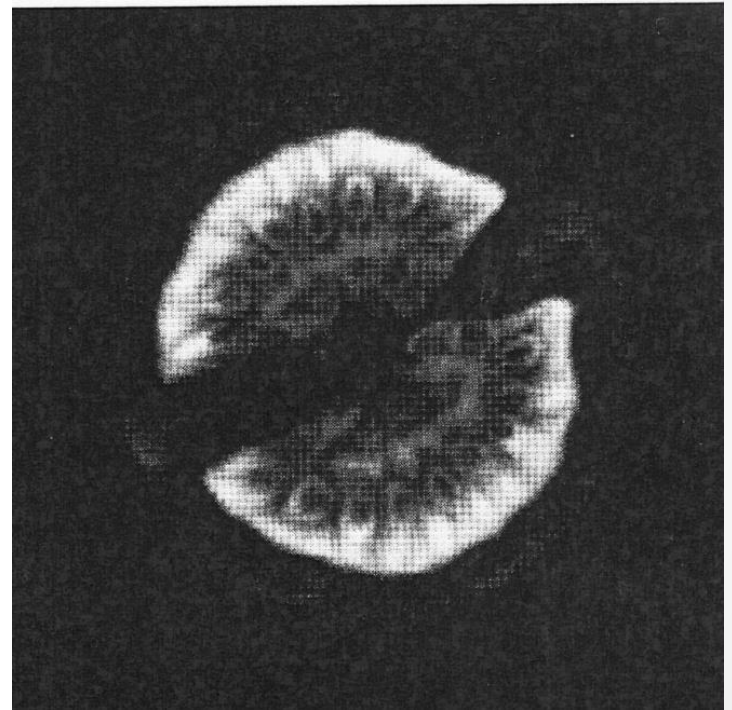


Struktura wewnętrzna obserwowana w

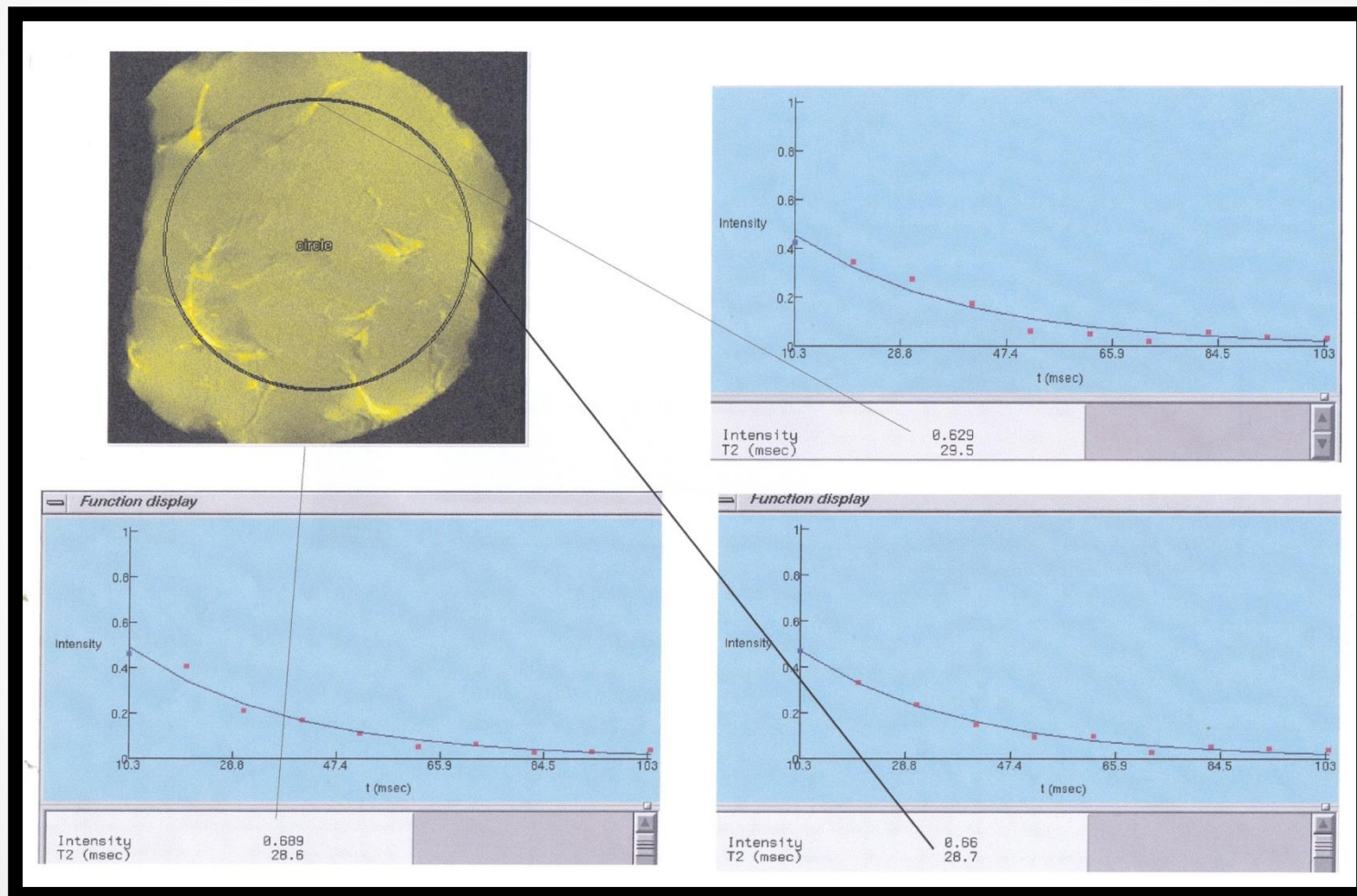
rzodkiewce



pomidorze



Obraz rozkładu wody w szynce



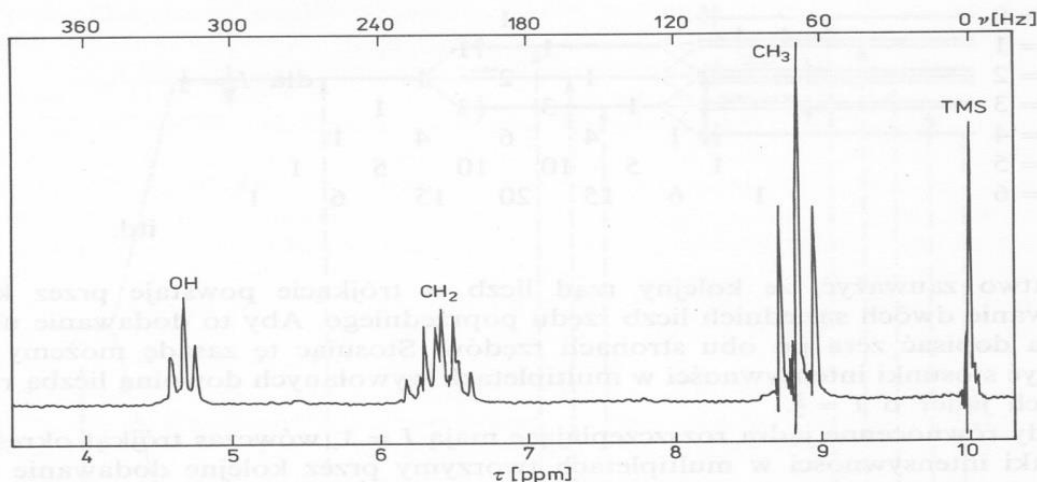
Spektroskopia wysokiej zdolności rozdzielczej

Tablica 9.1

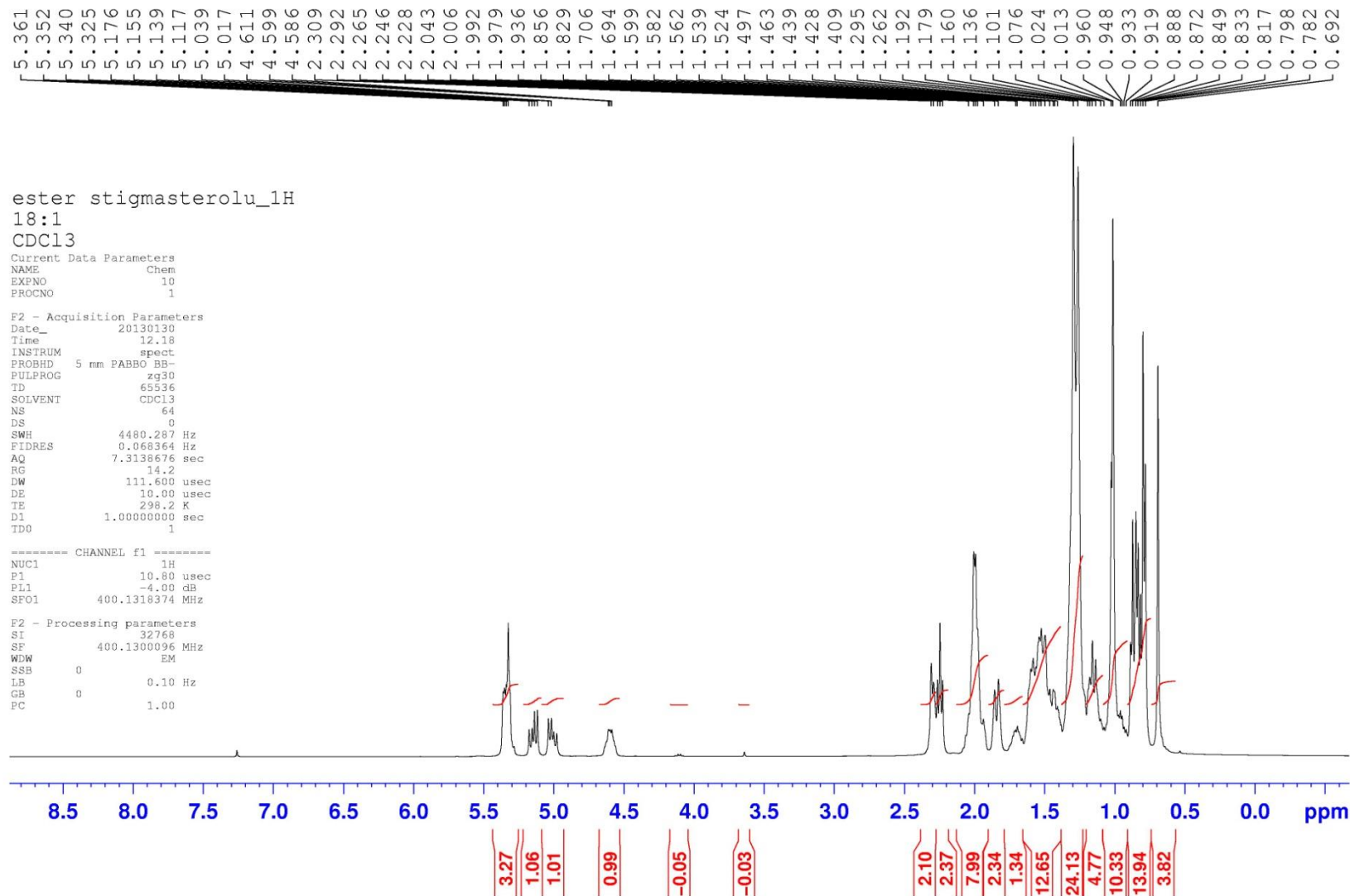
Fragmentaryczne dane przesunięć chemicznych grup funkcyjnych w widmie ^1H NMR

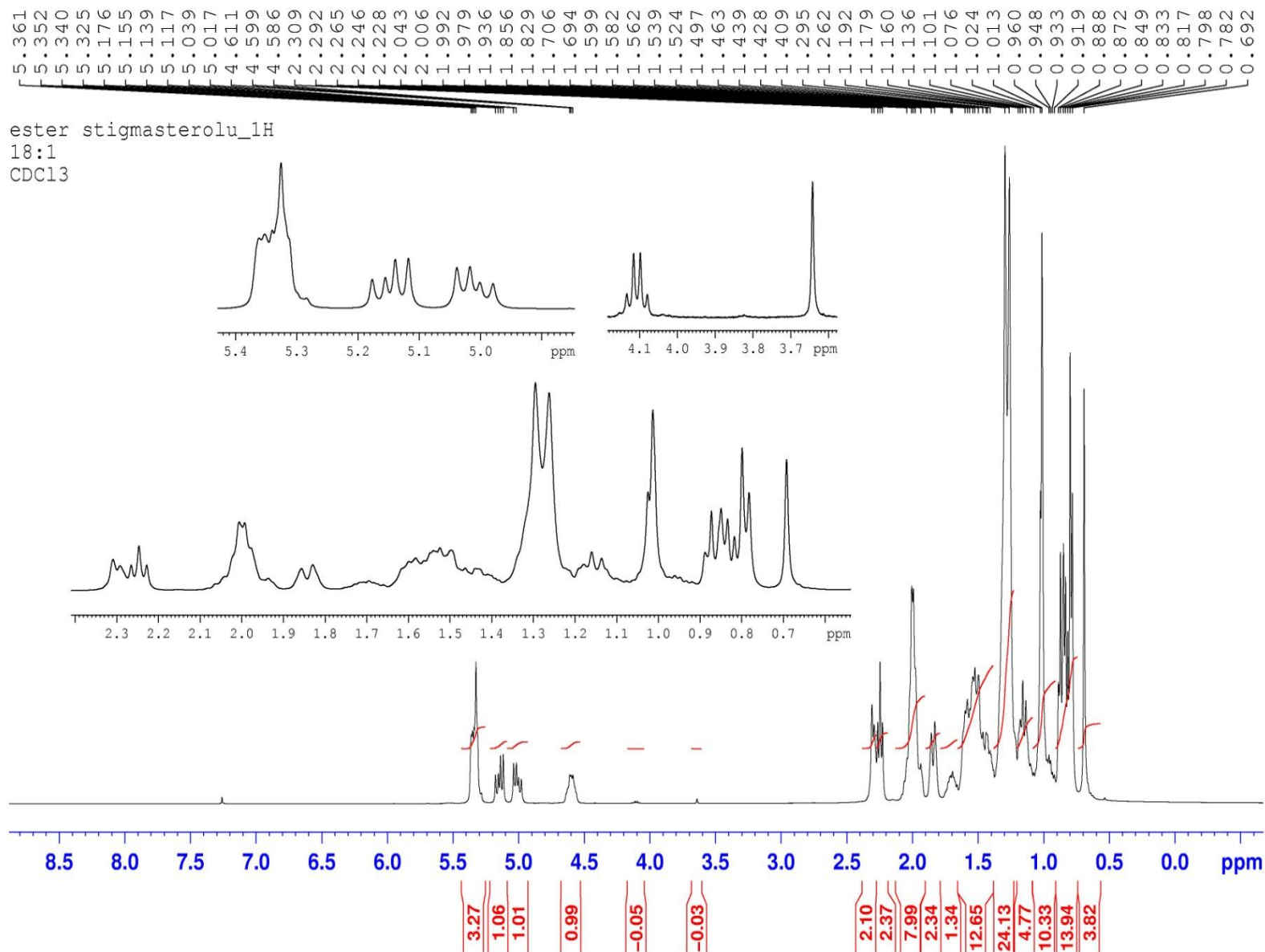
Grupa funkcyjna	Zakres przesunięcia chemicznego τ [ppm]
CH_3-Si	9,43 – 10,0
CH_3-C	8,12 – 9,23
$\text{CH}_3-\text{C}\equiv$	7,88 – 8,17
$\text{CH}_3-\text{C}=\text{C}$	7,32 – 8,41
CH_3-N	6,90 – 7,88
$\text{CH}_3-\text{O}-$	5,98 – 6,76
$\text{>C}-\text{CH}_2-\text{C}<$	7,97 – 9,02
$\text{>C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{C}$	7,58 – 8,14
$\text{>C}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv$	7,20 – 7,87
$=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{C}$	6,08 – 7,30
$\text{>C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$	6,31 – 6,65
$\text{>C}-\text{CH}_2-\text{O}-$	5,52 – 6,64
$=\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$	5,42 – 6,08
$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	5,18 – 5,59

Przesunięcie chemiczne grup funkcyjnych oraz stosunki powierzchni sygnałów
To podstawa identyfikacji grup funkcyjnych w molekułach

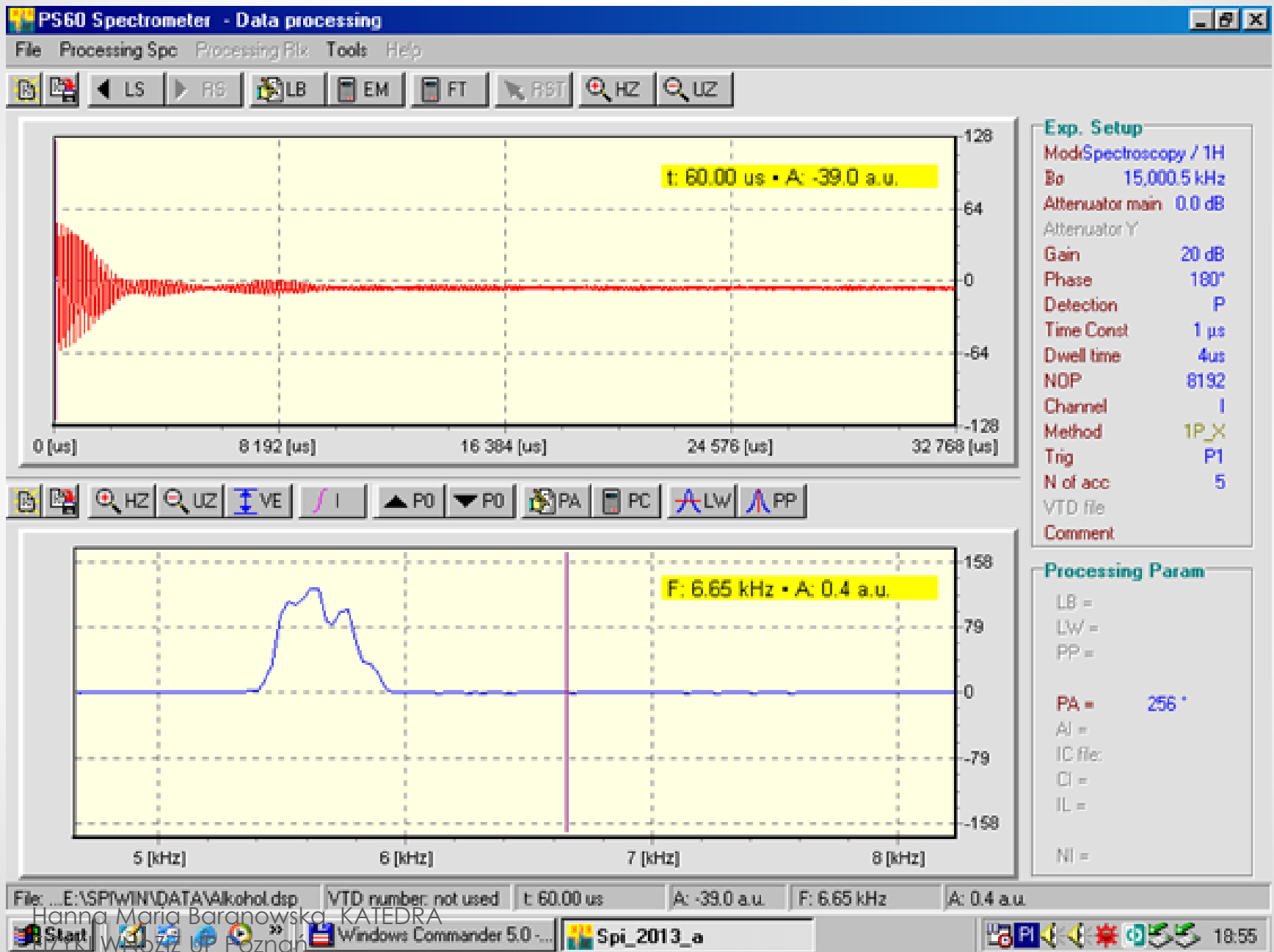


Jednowymiarowe widmo protonowe ester stigmasterolu 18:1 400 MHz

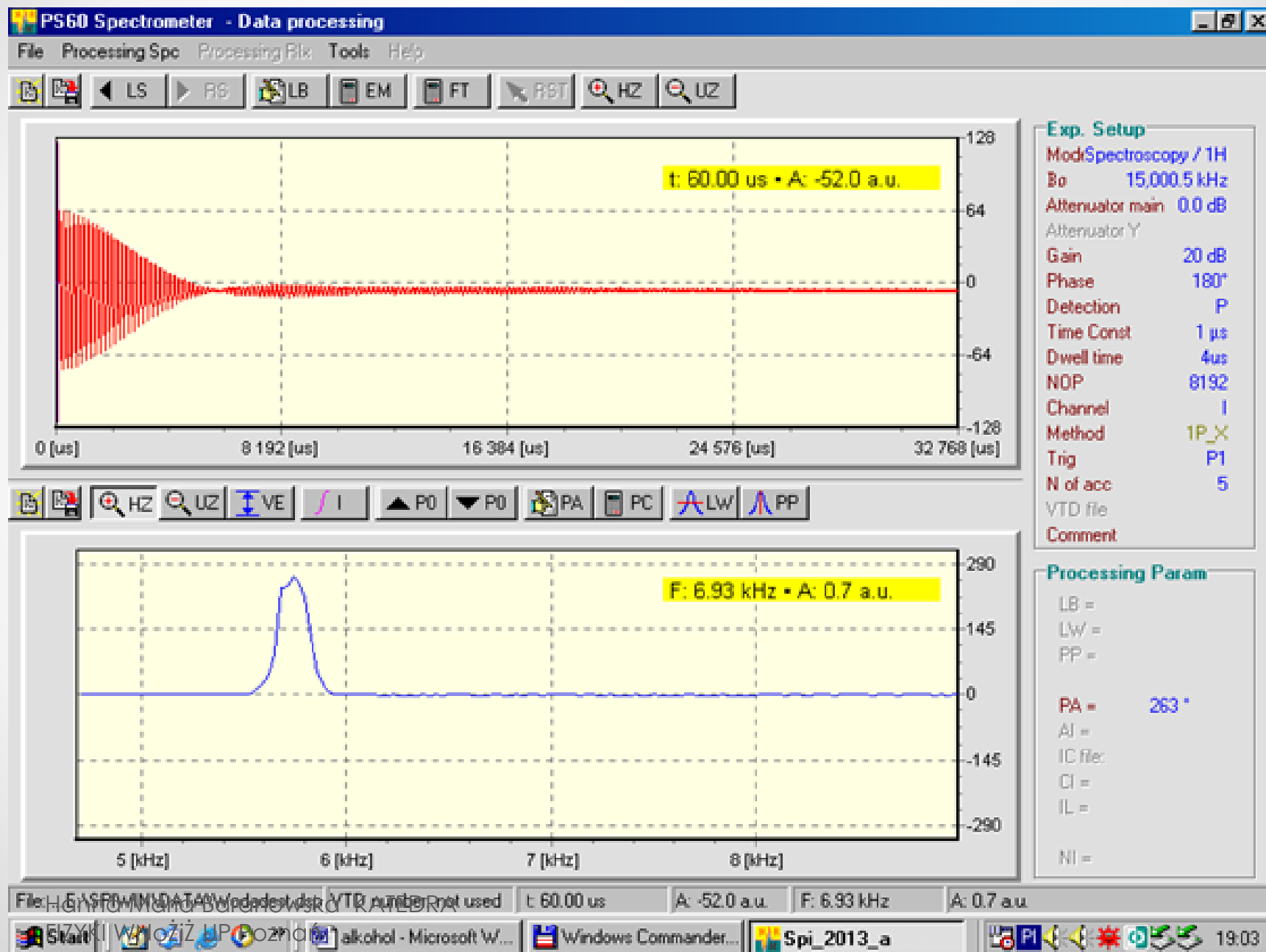




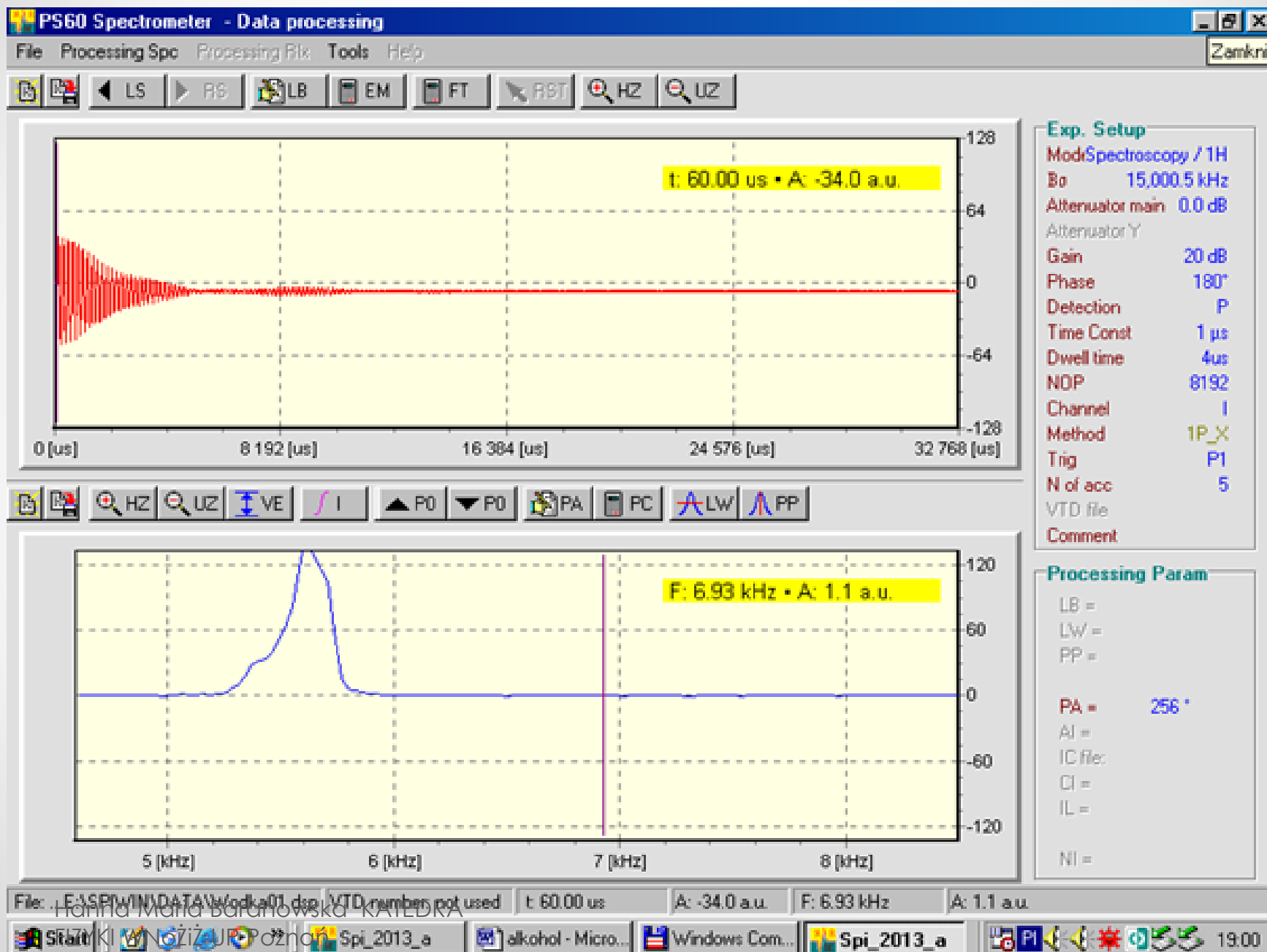
Widmo etanolu 60 MHz



Widmo wody 60 MHz



Widmo 40% wodnego roztworu etanolu



Wykorzystanie metody niskopolowego NMR w badaniach składników żywności.

Makroskopowe parametry czasy relaksacji

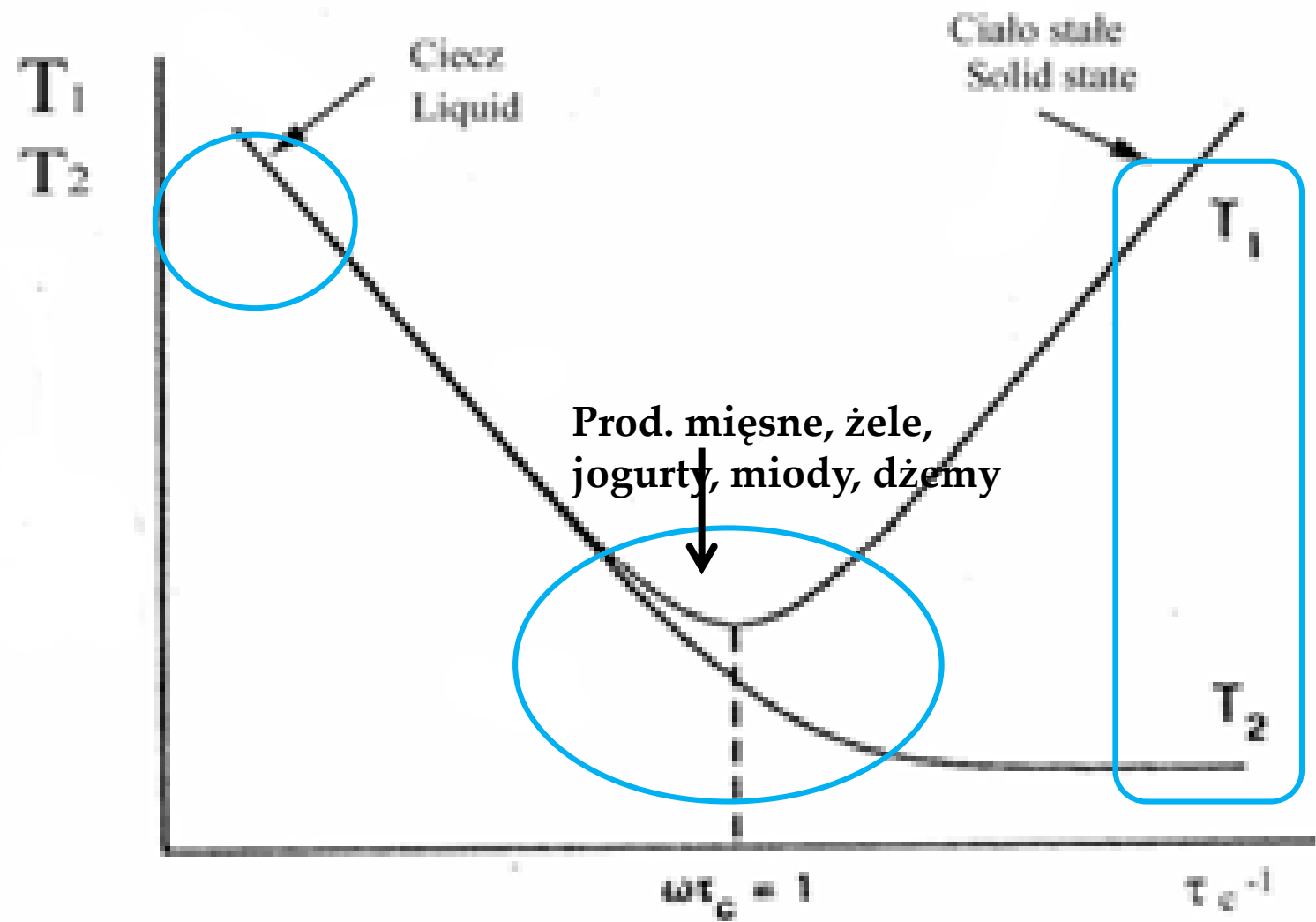
Mikroskopowy parametr czas korelacji

Szybkość relaksacji spin-sieć

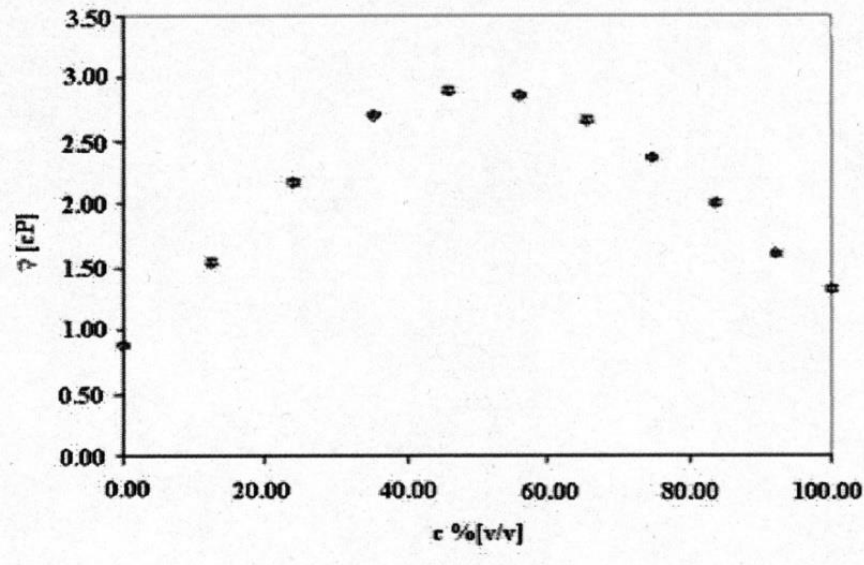
$$R_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{6}{20} \frac{\mu_0^2}{16\pi^2} \frac{\gamma^4 \hbar^2}{r_0^6} \left[\frac{\tau_c}{1 + (\omega\tau_c)^2} + \frac{4\tau_c}{1 + (2\omega\tau_c)^2} \right]$$

Szybkość relaksacji spin-spin

$$R_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{3}{20} \frac{\mu_0^2}{16\pi^2} \frac{\gamma^4 \hbar^2}{r_0^6} \left[3\tau_c + \frac{5\tau_c}{1 + (\omega\tau_c)^2} + \frac{2\tau_c}{1 + (2\omega\tau_c)^2} \right]$$

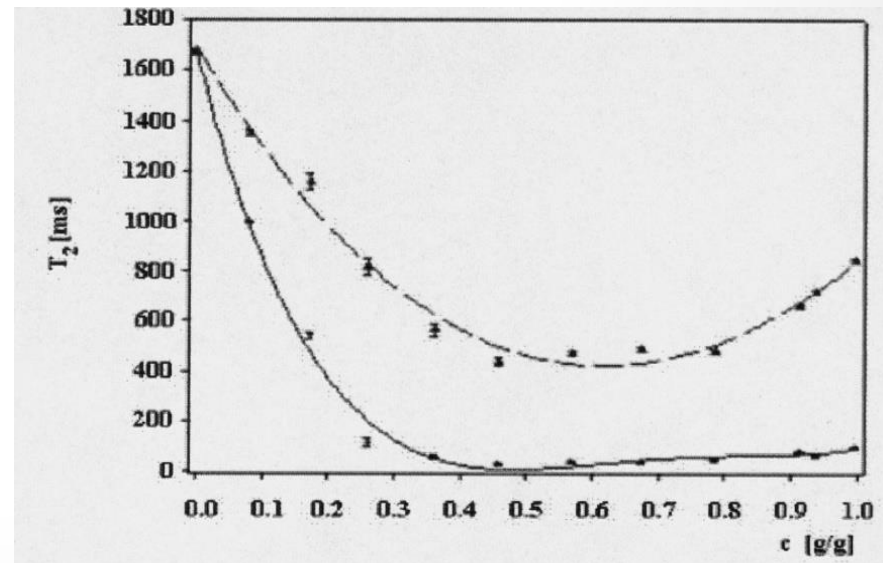
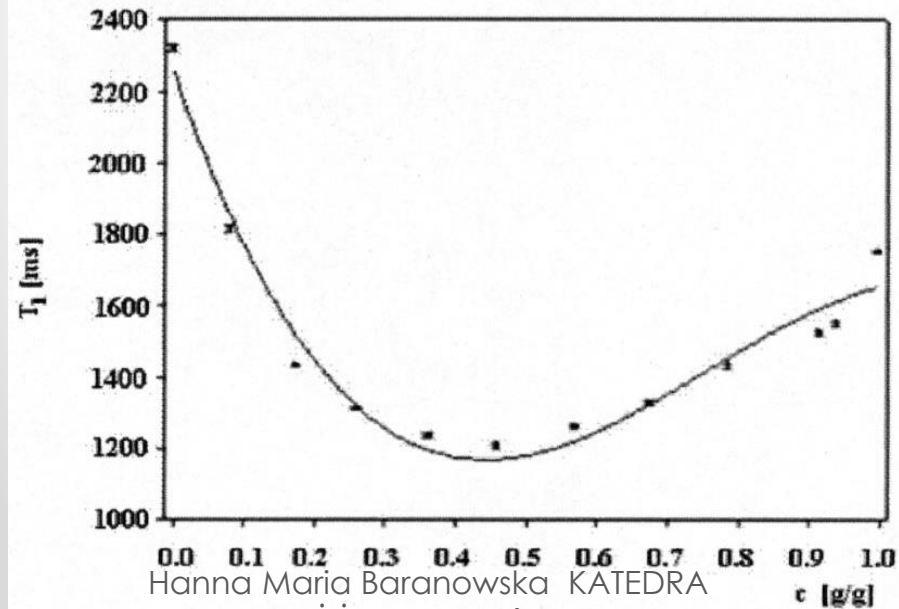


Ciecze badane metodą niskopoleowego NMR

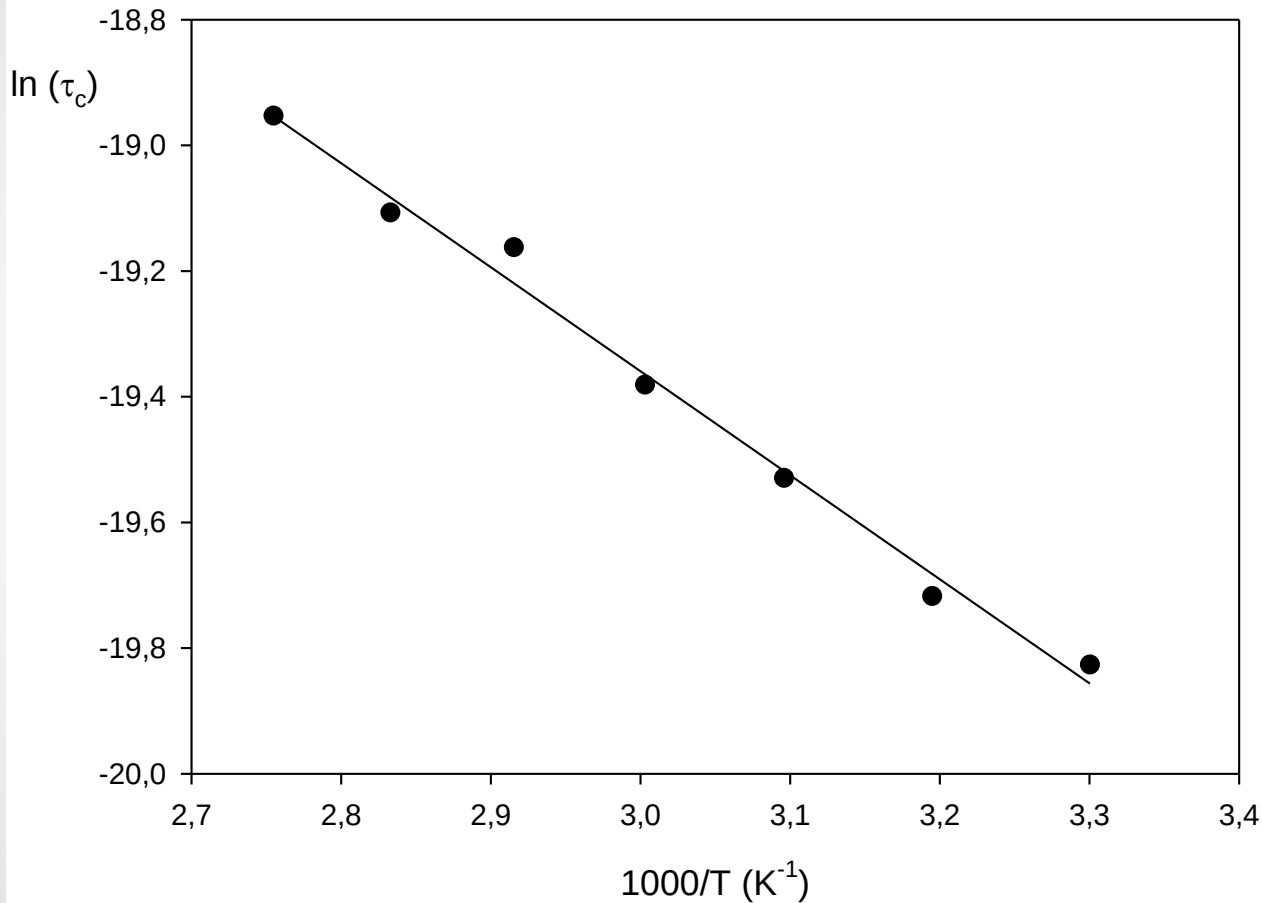


$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4} \omega^2 \tau_c^2$$

$$\tau_c = \eta \frac{4\pi r^3}{3kT}$$

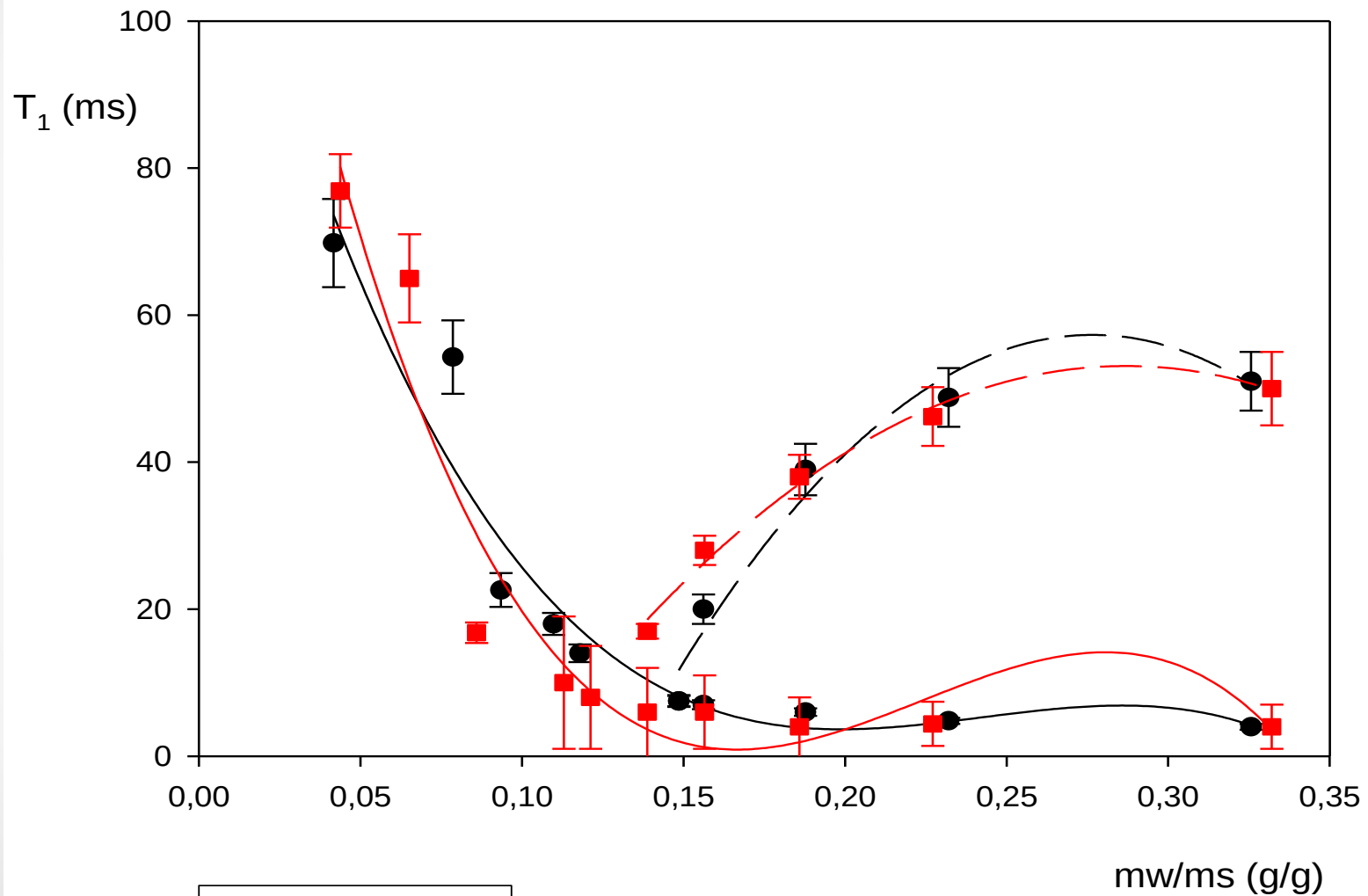


Pomiary temperaturowe dla wody



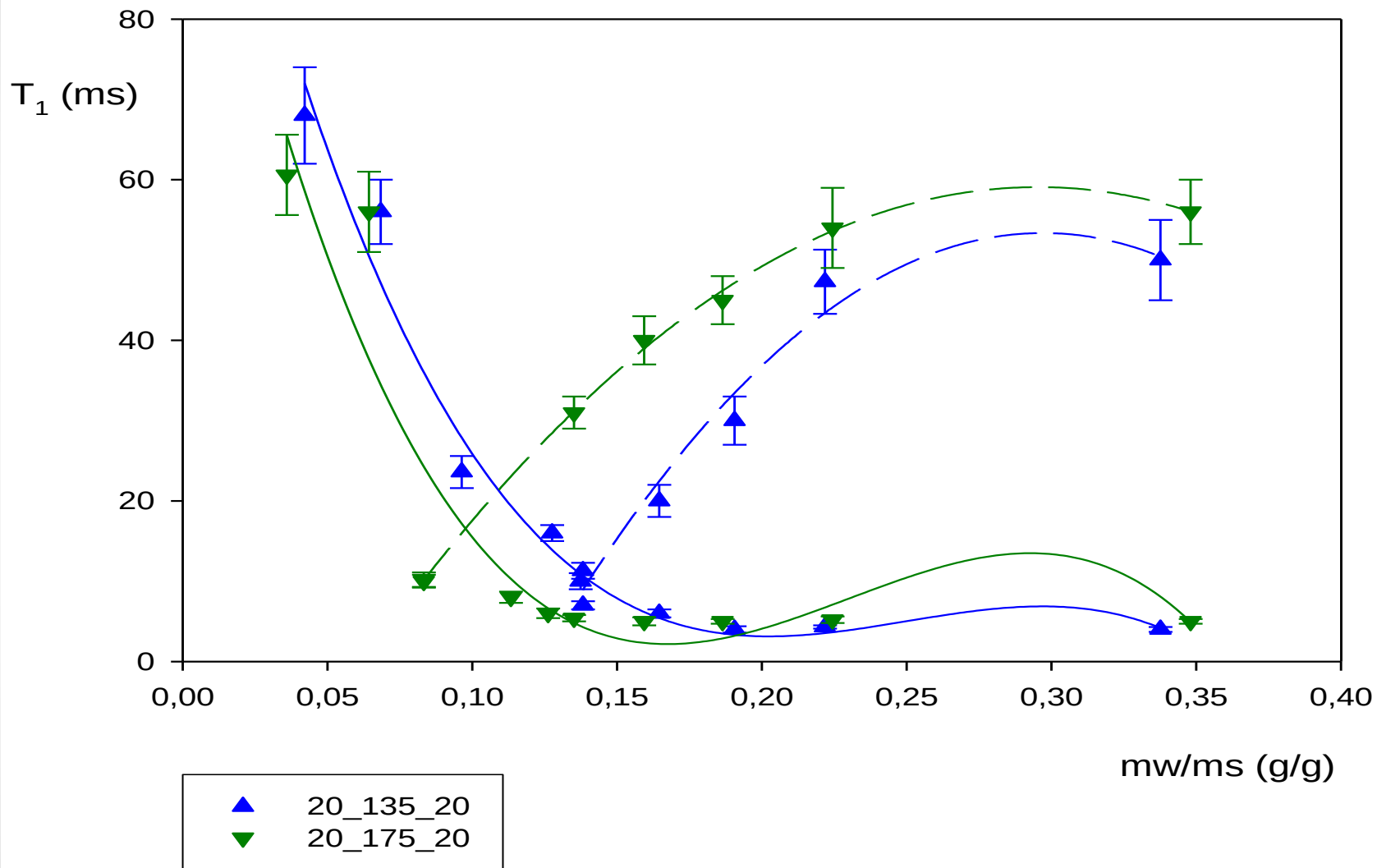
$$\tau_c = \tau_0 e^{\frac{E_A}{RT}}$$

Zmiany czasu relaksacji spin-sieć w hydratowanych chrupkach

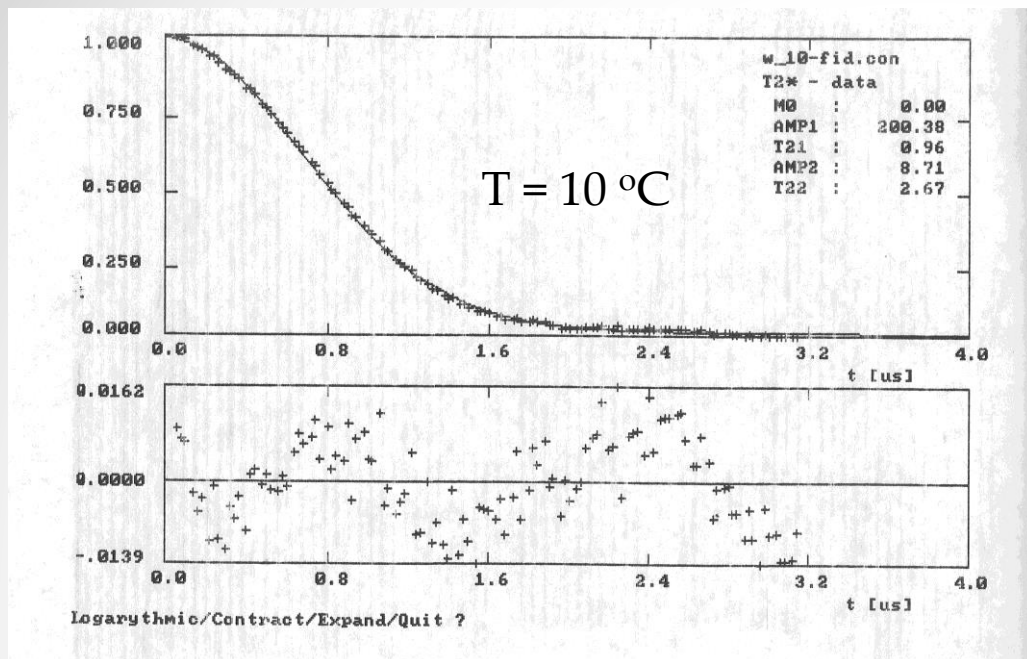


● 16_135_16

■ 16_175_16

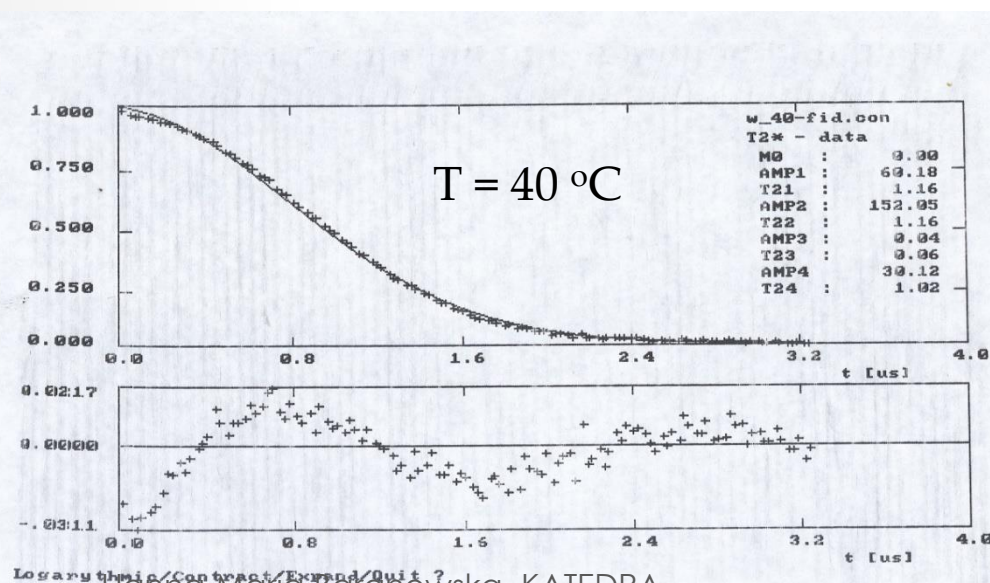


Ciało stałe układy spożywcze

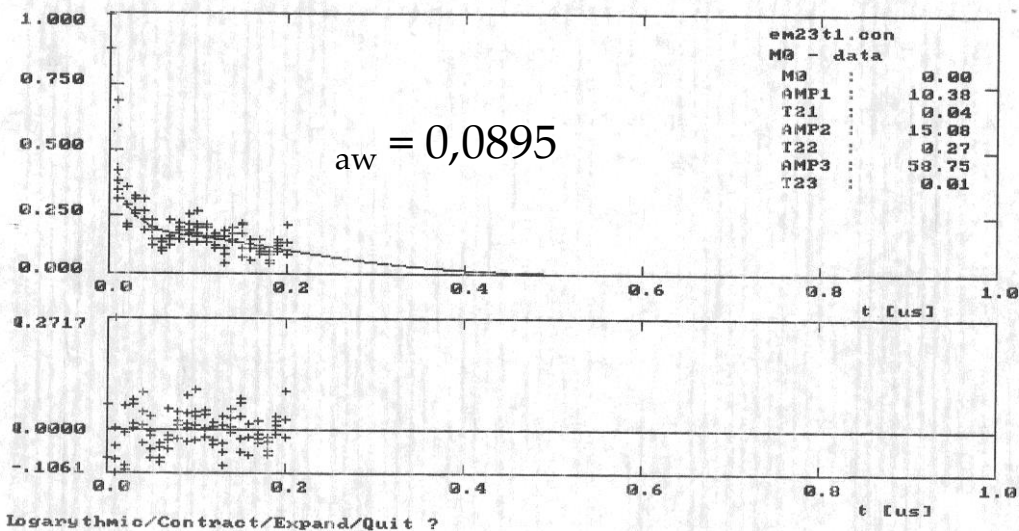


w_10-fid.con		
T2* - data		
M0	:	0.00
AMP1	:	200.38
T21	:	0.96
AMP2	:	8.71
T22	:	2.67

Tłuszcz



w_40-fid.con		
T2* - data		
M0	:	0.00
AMP1	:	60.18
T21	:	1.16
AMP2	:	152.05
T22	:	1.16
AMP3	:	0.04
T23	:	0.06
AMP4	:	30.12
T24	:	1.02

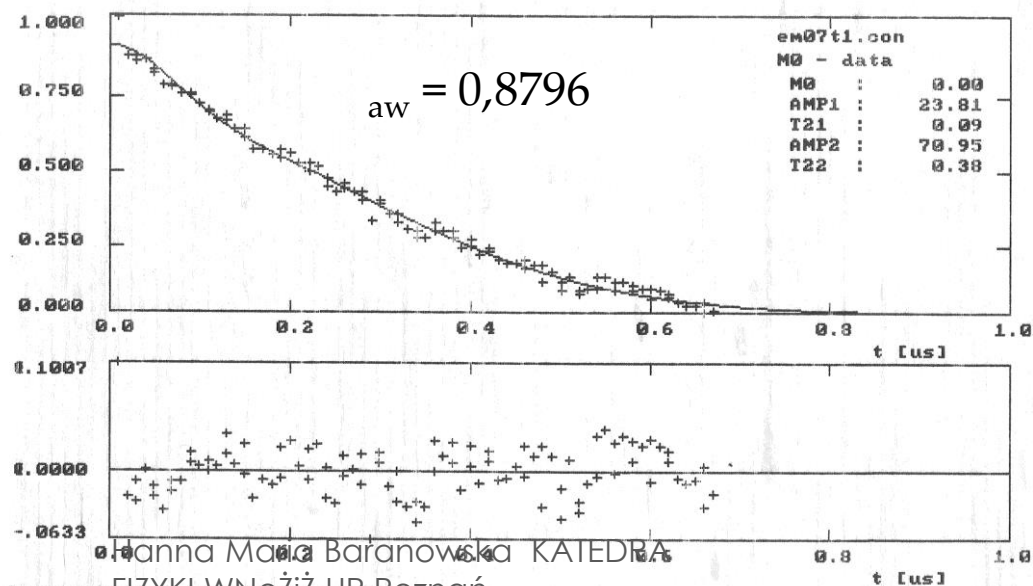


em23t1.con

M0 - data

M0	:	0.00
AMP1	:	10.38
T21	:	0.04
AMP2	:	15.08
T22	:	0.27
AMP3	:	58.75
T23	:	0.01

Chrupki



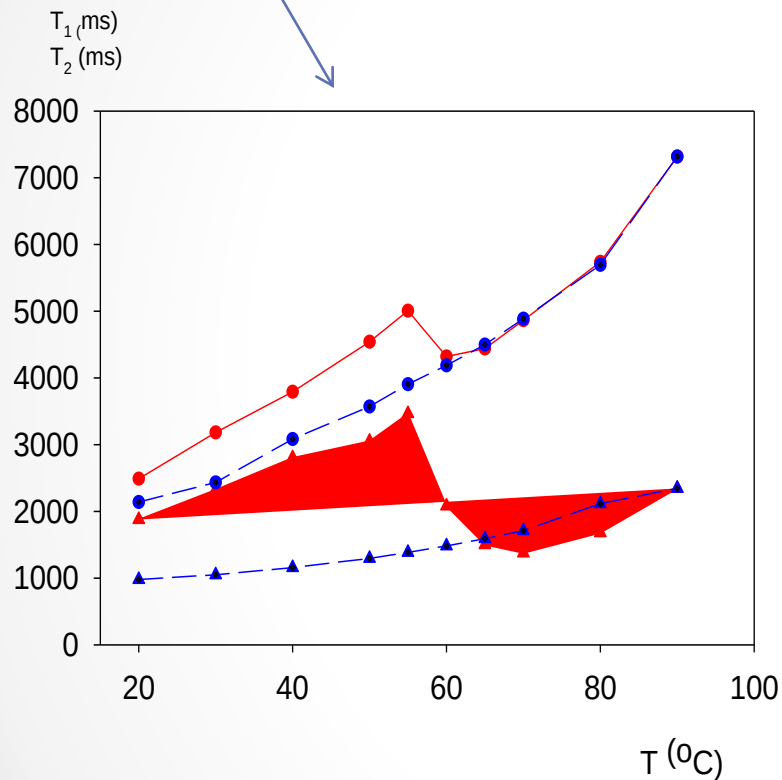
em07t1.con

M0 - data

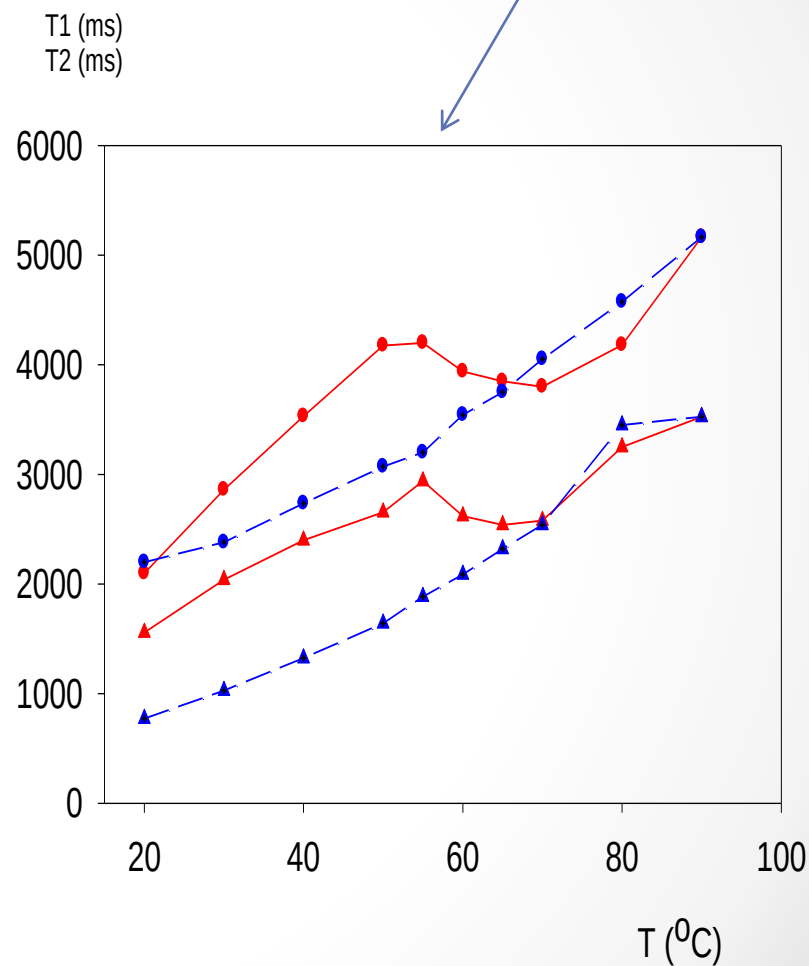
M0	:	0.00
AMP1	:	23.81
T21	:	0.09
AMP2	:	70.95
T22	:	0.38

Kleikowanie żeli skrobiowych 5%

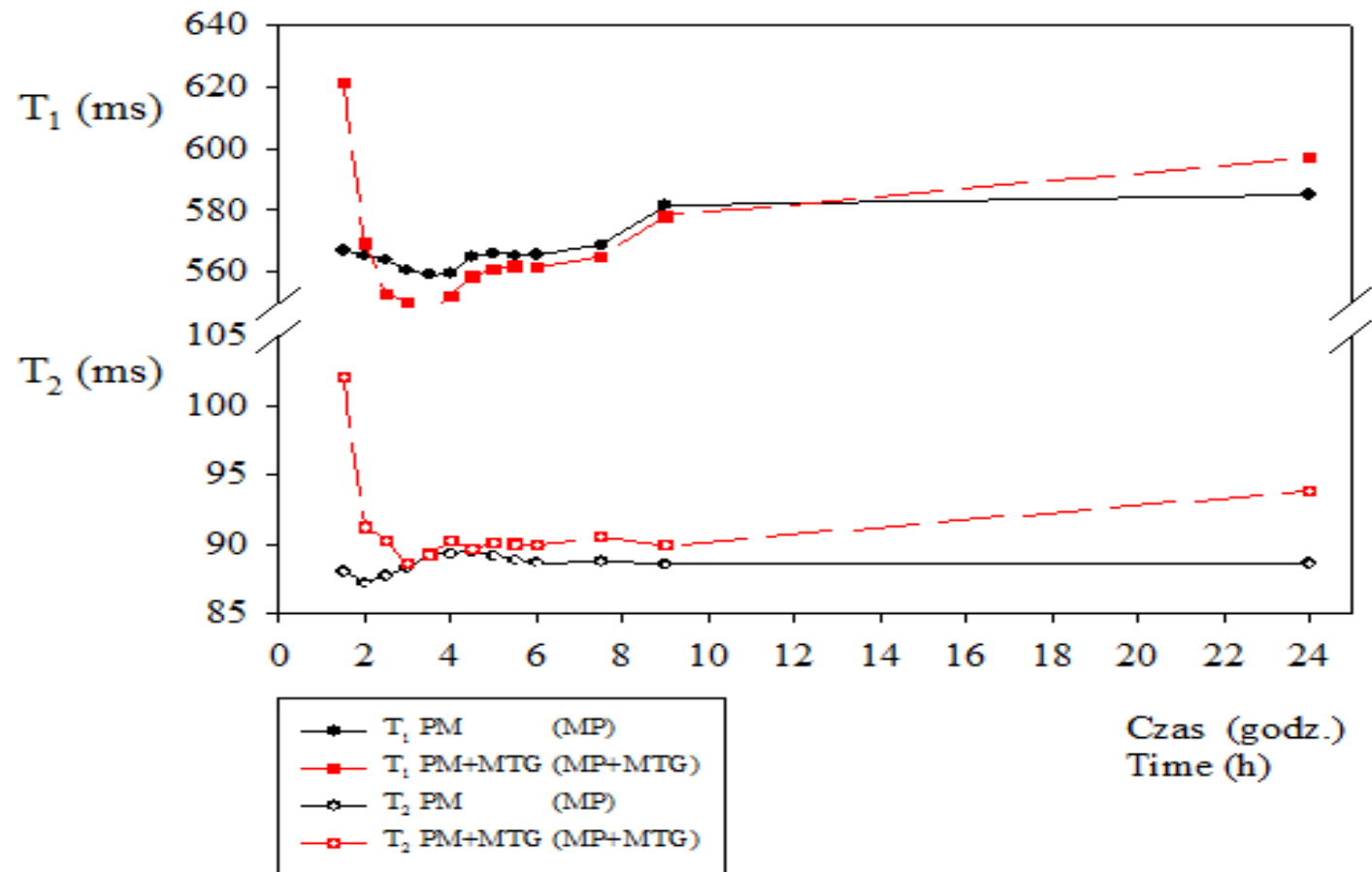
ziemniaczana



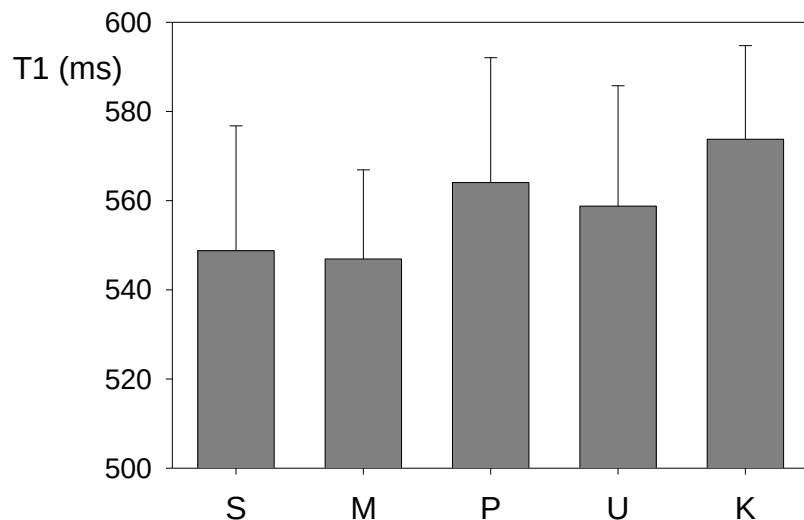
owsiana



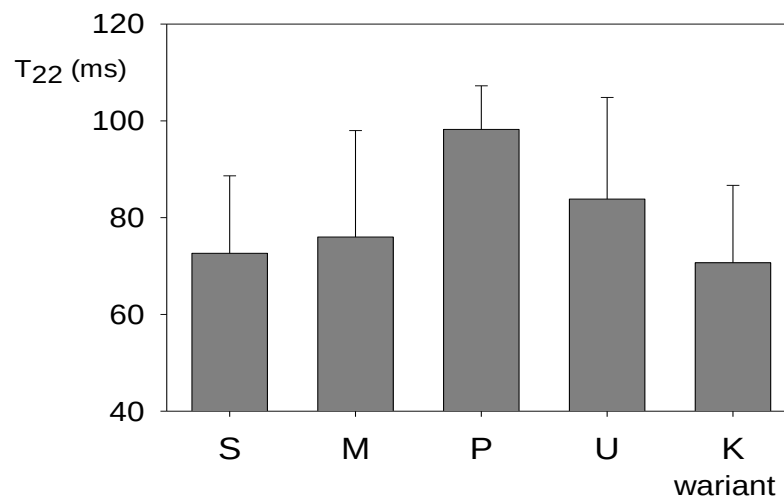
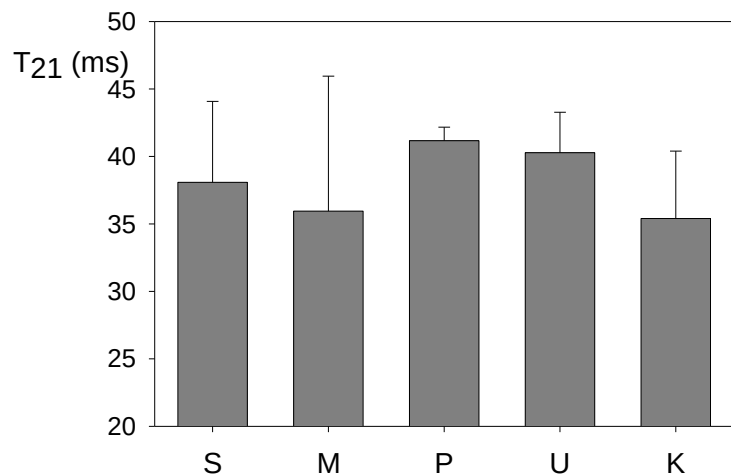
Zmiany dynamiki molekularnej wody w żelach białek miofibrylarnych z dodatkiem preparatu transglutaminazy



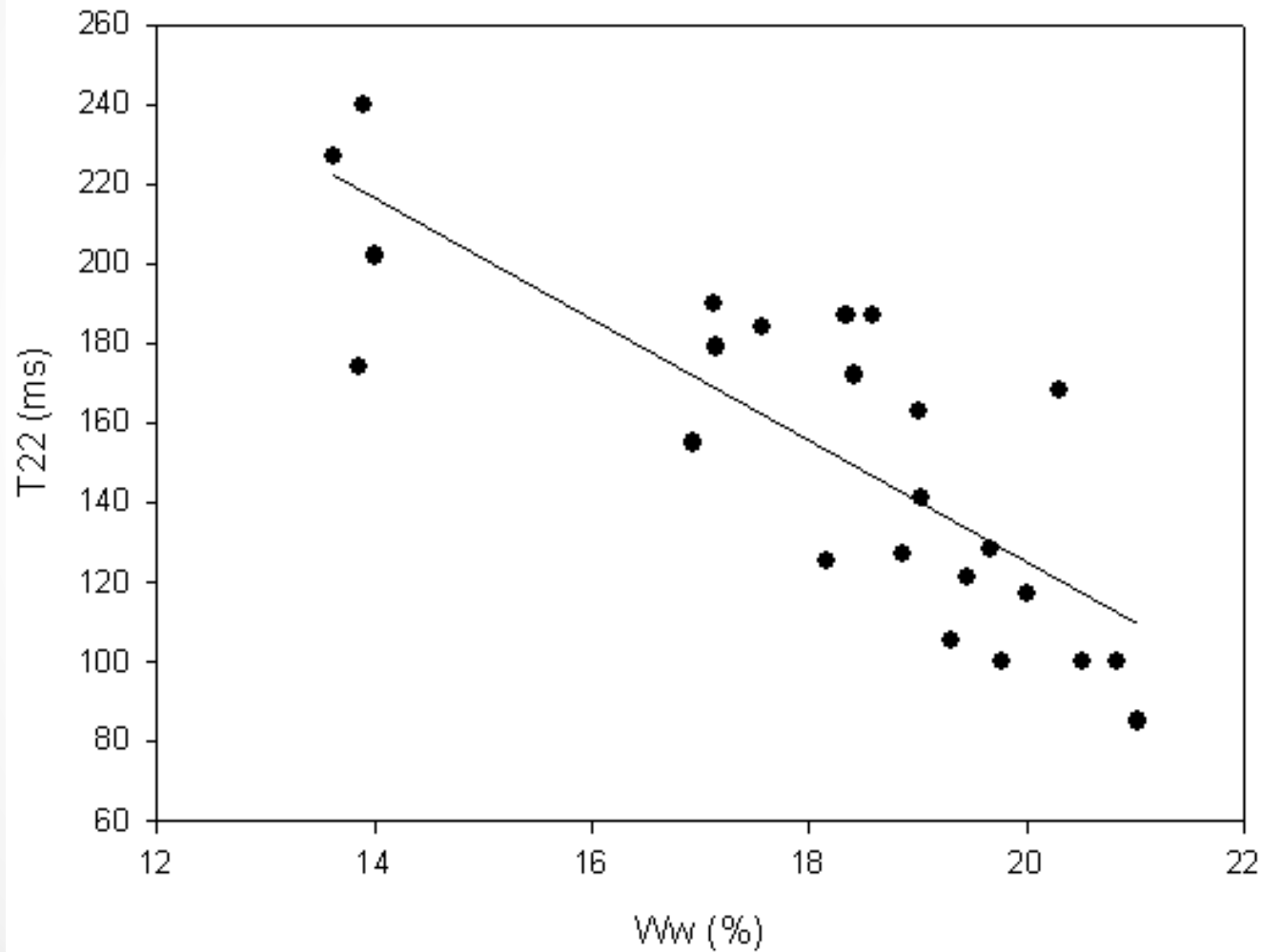
Czasy relaksacji w produktach mięsnych



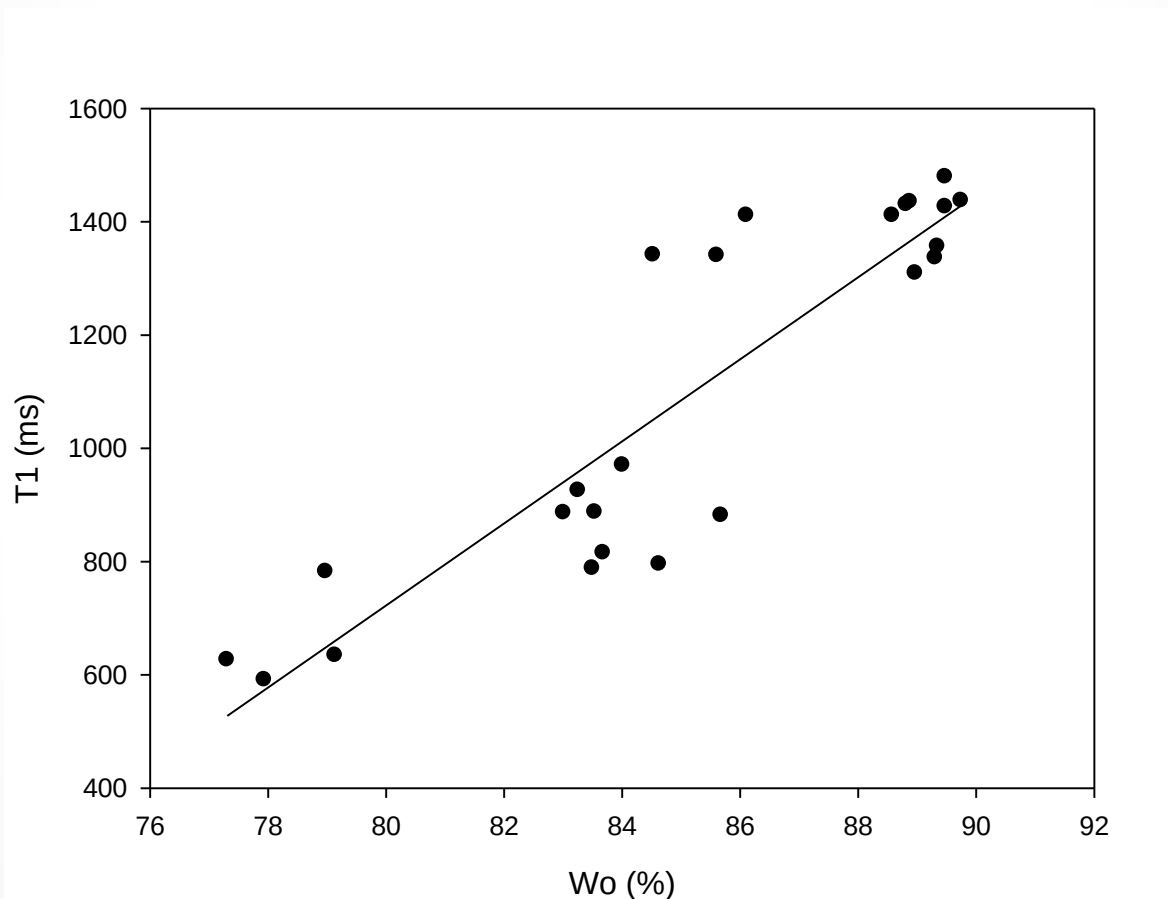
Zmiany wiązania wody w mięśniach w zależności od zastosowanej techniki rozmrażania



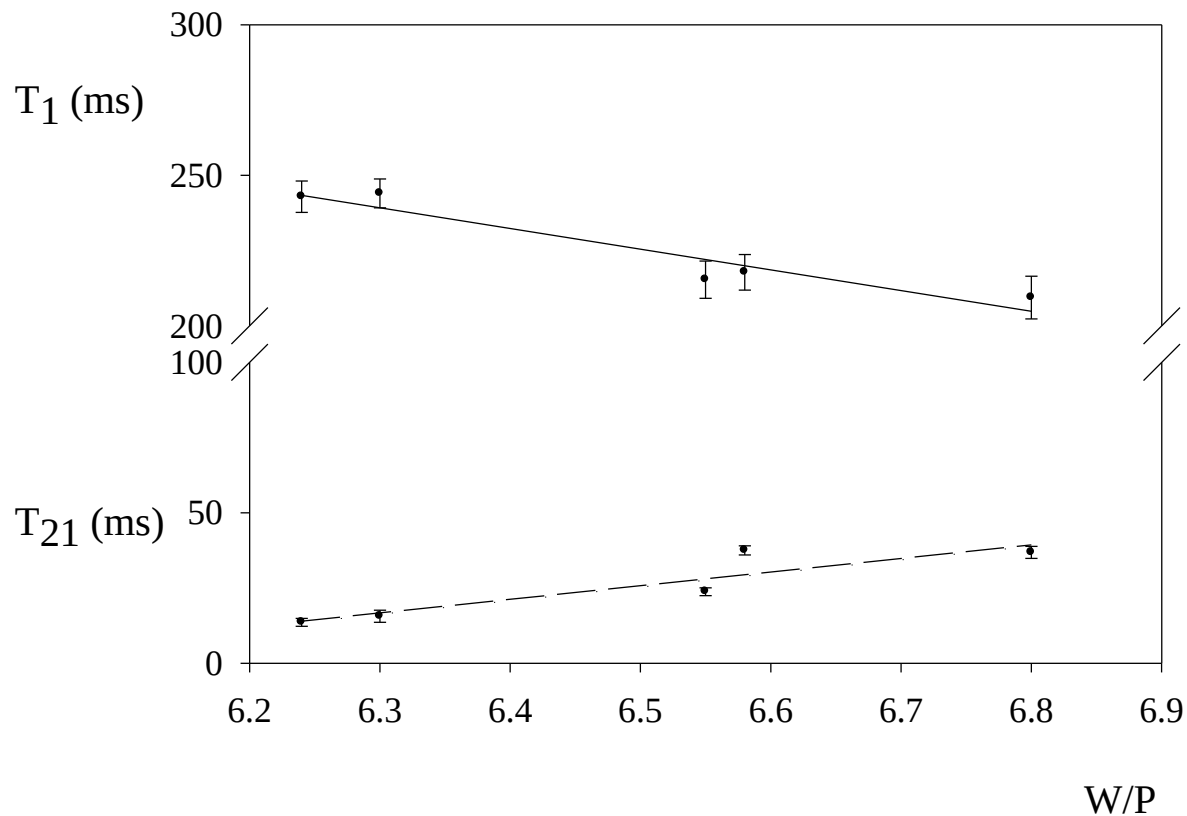
Zmiany długiej składowej czasu relaksacji spin-spin w funkcji zawartości wody wolnej w mięśniach po nastrzyku



*Zmiany wartości czasów relaksacji spin-sieć w zależności od ogólnej
zawartości wody w mięśniach po nastrzyku*



Zależność czasów relaksacji od stosunku zawartości wody do białka w farszach wędlin drobno rozdrobnionych



PODSUMOWANIE

- Niskopolowy NMR jest alternatywną metodą pozwalającą na analizę parametrów determinujących wiązanie wody w produktach spożywczych i składnikach żywności.
- Jako nieinwazyjna i nieniszcząca metoda pozwala na obserwację tej samej próby w długim czasie.
- Zaletą stosowania tej metody jest niski koszt oraz niewymagające specjalnego wyposażenia laboratorium.

DZIĘKUJĘ ZA
UWAGĘ