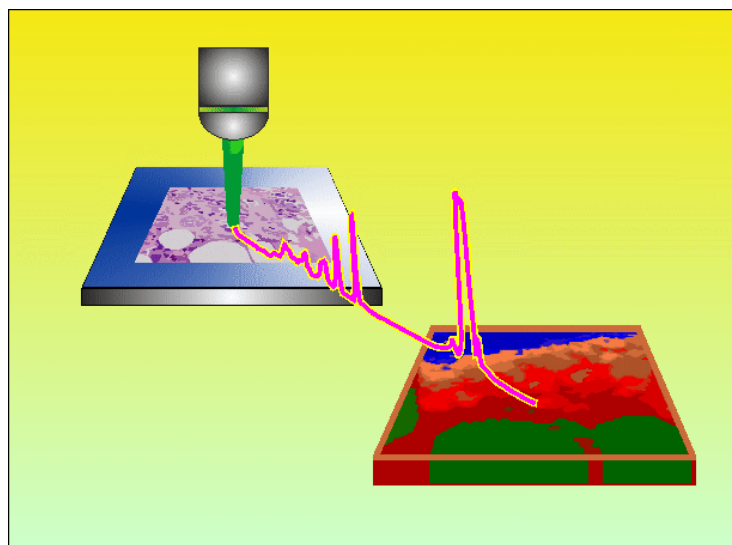
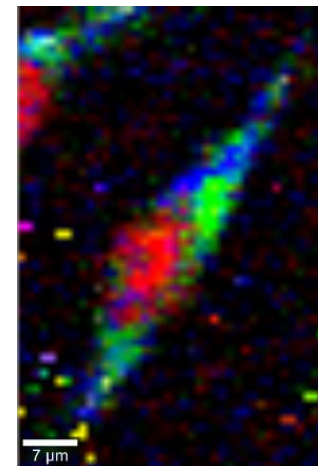
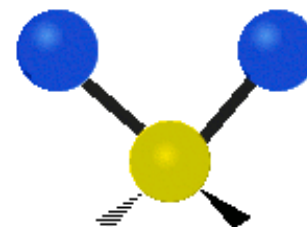


Spektroskopia i obrazowanie Ramana



**LLSM _Laboratorium
Laserowej Spektroskopii
Molekularnej**

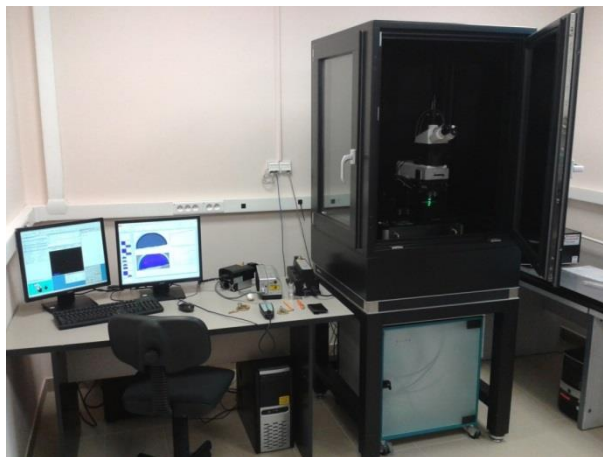


Laboratorium Laserowej Spektroskopii Molekularnej



Pracownia spektroskopii Ramana

Ramanor U 1000 (Jobin Yvon), 488-514nm



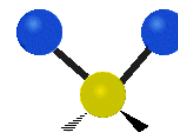
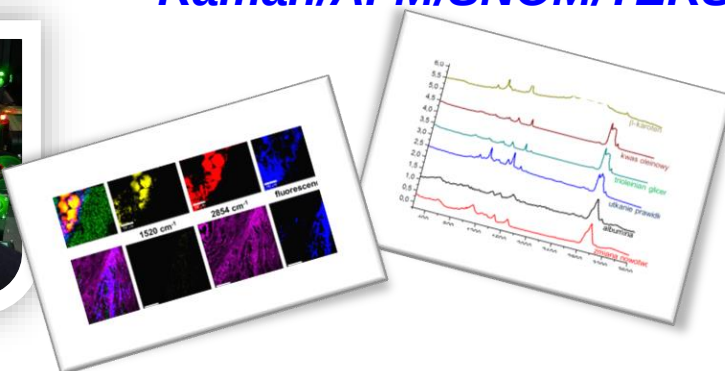
Pracownia obrazowania ramanowskiego

Mikroskop
Raman/AFM/SNOM/TERS



Pracownia spektroskopii femtosekundowej

**Millennia, Tsunami,
Empower30, Spitfire Ace,
Topas (Spectra Physics)**

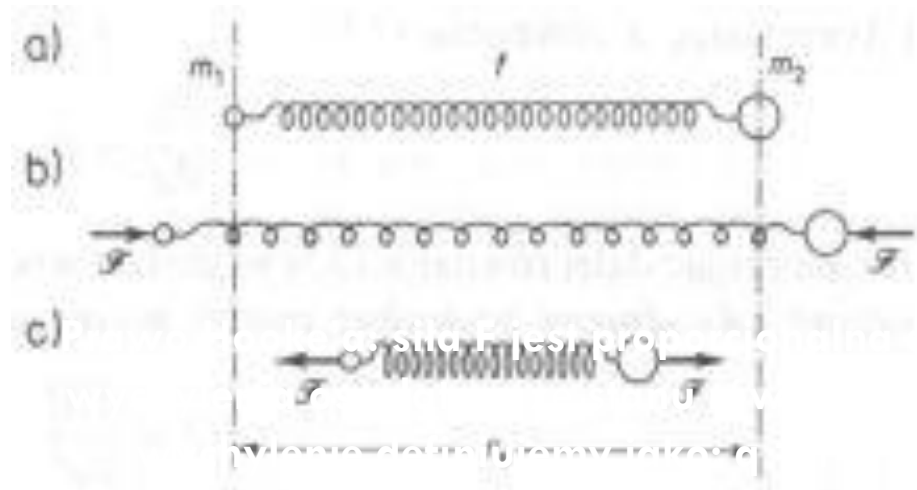


Widmo oscylacyjne

Zręby atomowe w molekułe wykonują oscylacje wokół położenia równowagi. Ruch ten można rozłożyć na $3n-6$ w przypadku molekuł **nieliniowych** oraz $3n-5$ w przypadku molekuł **liniowych**, stopni swobody

Model oscylatora harmonicznego

Oscylacje można rozpatrywać wykorzystując modele mechaniczne, posługując się prawami mechaniki klasycznej i dodając kwantowanie energii. Drgania zrębów atomowych w pierwszym przybliżeniu można rozpatrywać na modelu oscylatora harmonicznego.



W czasie drgania wychylenie q zmienia się periodycznie

$$q = Q \cos 2\pi \nu t$$

gdzie: ν jest częstością drgania oscylatora, a Q jest amplitudą wychylenia.

Oscylator harmoniczny to taki oscylator, który spełnia prawo Hooke'a. Wynika z tego, że:

$$F = -f q$$

czyli, że siła jest proporcjonalna do wychylenia.

Współczynnik proporcjonalności f nazywamy **stałą siłową**. Stała siłowa jest wielkością charakteryzującą „sprężystość” sprężyny i jest równa sile przypadającej na jednostkę wychylenia [N/m].

Energia oscylatora

Ruch drgający opisuje równanie Lagrange'a:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{d\dot{q}} \right) + \frac{dU}{dq} = 0$$

po podstawieniu:

$$T = \frac{1}{2} m_{red} \dot{q}^2$$

otrzymujemy:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} \quad [Hz] \quad \nu = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} \quad [cm^{-1}]$$

$$m_{red} = \frac{m_1 \times m_2}{m_1 + m_2} \quad [kg]$$

Energia oscylacji molekuł

Energia oscylacji zrębów atomowych w molekule jest skwantowana

$$E_{osc} = h\nu \left(\nu + \frac{1}{2} \right)$$

kwantowa liczba oscylacji

$$E_{osc} = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{f}{m_{red}}} \left(\nu + \frac{1}{2} \right)$$

stała siłowa

kwantowa
liczba oscylacji

dla

$$\nu = 0$$

$$E_{osc} = \frac{1}{2} h\nu$$

kwant
połówkowy

nawet w temperaturze 0 K
oscylacje zrębów atomowych
NIE USTAJĄ !

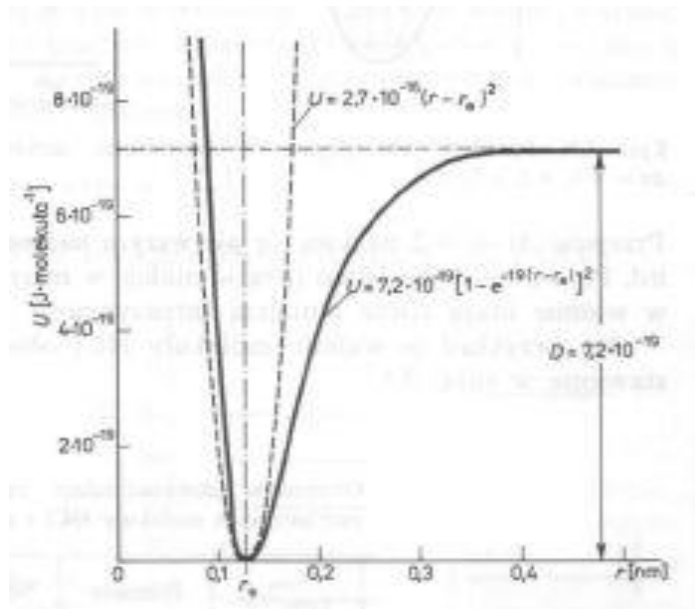
$$\Delta E_{osc.} = \hbar \sqrt{\frac{f}{m_{red}}}$$

Oscylator anharmoniczny

Oscylator anharmoniczny nie spełnia prawa Hooke'a.

Gdy nie znamy matematycznej postaci funkcji $U(q)$ rozwijamy funkcję w szereg Taylora lub, jeśli to możliwe, w szereg Maclaurina.

$$U(q) = \underbrace{U_{q=0}}_0 + \underbrace{\frac{1}{1!} \left(\frac{dU}{dq} \right)_{q=0}}_0 q + \underbrace{\frac{1}{2!} \left(\frac{d^2 U}{dq^2} \right)_{q=0} q^2 + \frac{1}{3!} \left(\frac{d^3 U}{dq^3} \right)_{q=0} q^3 + \dots}_{\text{energia oscylatora anharmonicznego}}$$



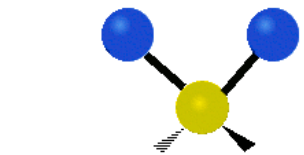
$$E_{osc.anh.} = h\nu \left(v + \frac{1}{2} \right) - h\nu x \left(v + \frac{1}{2} \right)^2$$

$$\Delta E_{osc.anh.} = h\nu [1 - 2x(v + 1)]$$

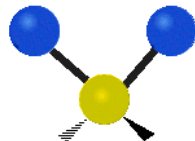
Drgania molekuł

Drgania własne: drgania, które nie powodują przemieszczenia środka masy molekuły ani jej obrotu

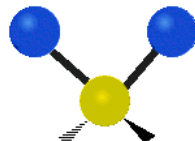
Drgania normalne: jednoczesny ruch wszystkich zrębów atomowych molekuły odbywający się z jednakową częstością i zgodnie w fazie



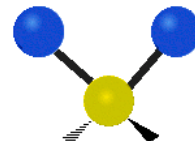
Rozciągające symetryczne



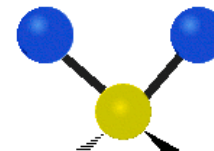
Rozciągające asymetryczne



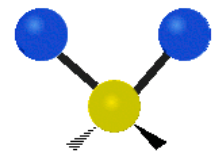
Nożycowe (zginające)



Wahadłowe



Wachlażowe



Skręcające

rodzaje drgań normalnych

Rozpraszanie promieniowania

Czy promieniowanie elektromagnetyczne, w którym nie ma fotonów pasujących do odstępów między poziomami energetycznymi, w ogóle nie oddziałuje z molekułami ?

Molekuła jest zbiorem ładunków elektrycznych dodatnich i ujemnych. Składowa elektryczna promieniowania elektromagnetycznego musi z nimi oddziaływać. Indukuje ona w molekułe moment dipolowy proporcjonalny do natężenia E składowej elektrycznej pola, przy czym współczynnikiem proporcjonalności jest polaryzowalność molekuły.

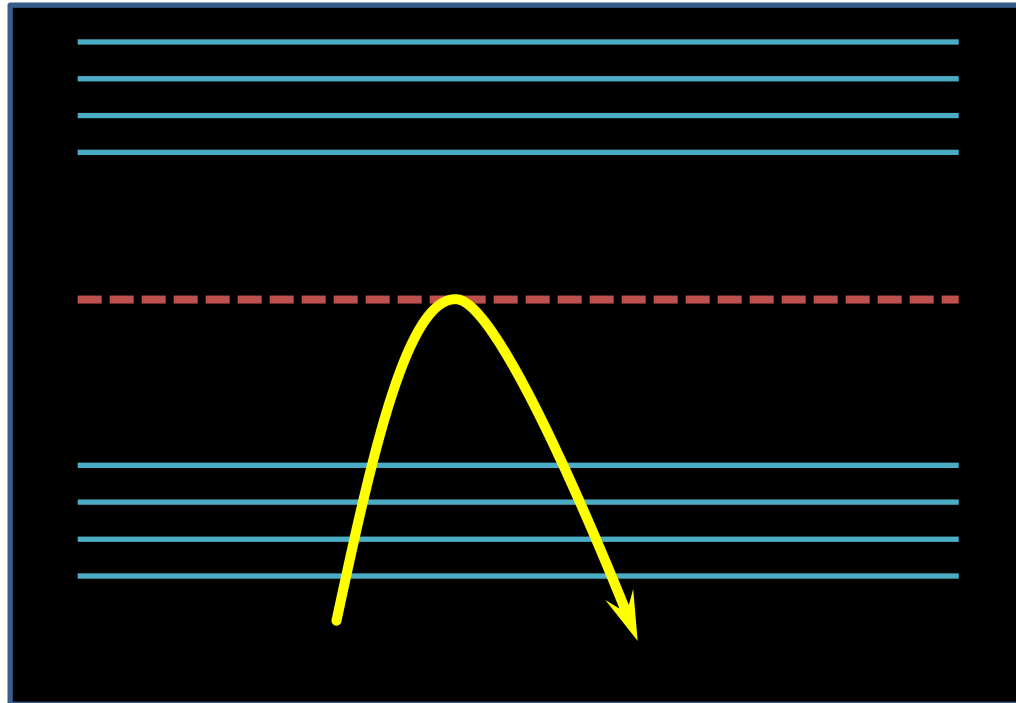
$$\mu_{ind} = \alpha E \quad (1)$$

$$E = E_0 \cos 2\pi \nu_0 t \quad (2)$$

$$\mu_{ind} = \alpha E_0 \cos 2\pi \nu_0 t \quad (3)$$

$$I \sim M_{ind}^2 \nu_0^4 \quad (4)$$

Opisane zjawisko nazywamy **rozpraszaniem promieniowania**



Ilustracja rozpraszania

Widmo RAMANA

Teoria polaryzowalności Placzka

$$\mu_{ind} = \alpha E_0 \cos 2\pi \nu_0 t \quad (1)$$

polaryzowalność: potencjalna zdolność przemieszczania się elektronów
względem jąder w polu elektrycznym

(2)

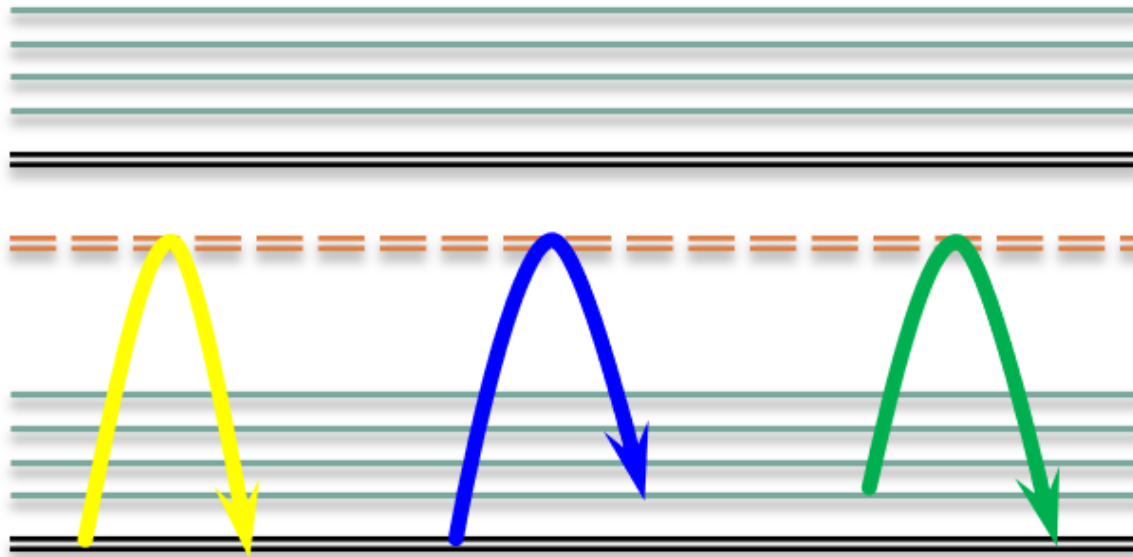
$$\alpha(q) = \alpha_{q=0} + \frac{1}{1!} \left(\frac{d\alpha}{dq} \right)_{q=0} q + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2\alpha}{dq^2} \right)_{q=0} q^2 + \dots \quad (3)$$

$$q = Q \cos 2\pi \nu t \quad (4)$$

$$\alpha(q) = \alpha_0 + \left(\frac{d\alpha}{dq}\right)_0 Q \cos 2\pi \nu t \quad (5)$$

polaryzowalność zmienia się z częstotliwością drgania normalnego, ale tylko wtedy gdy pochodna polaryzowalności po współrzędnej drgania nie jest równa zero ostatecznie można pokazać, że:

$$\mu_{ind} = \alpha_0 E_0 \cos 2\pi \nu_0 t + \frac{1}{2} \left(\frac{d\alpha}{dq}\right)_0 Q E_0 \cos 2\pi (\nu_0 - \nu) t + \frac{1}{2} \left(\frac{d\alpha}{dq}\right)_0 Q E_0 \cos 2\pi (\nu_0 + \nu) t \quad (6)$$

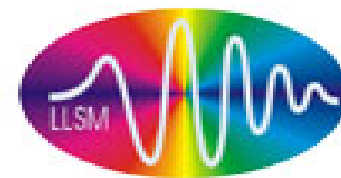


rozpraszanie
Rayleigha

rozpraszanie Ramana
składowa stokesowska

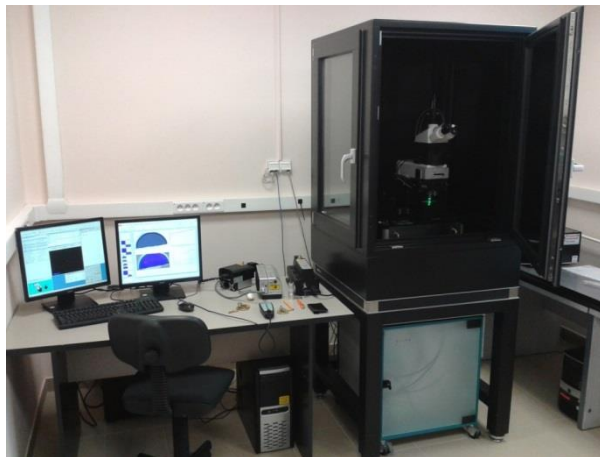
rozpraszanie Ramana
składowa antystokesowska

ZASTOSOWANIA SPEKTROSKOPII RAMANA

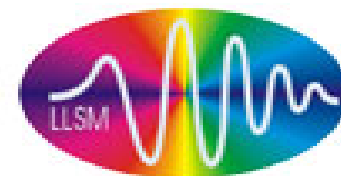


CEL BADAŃ

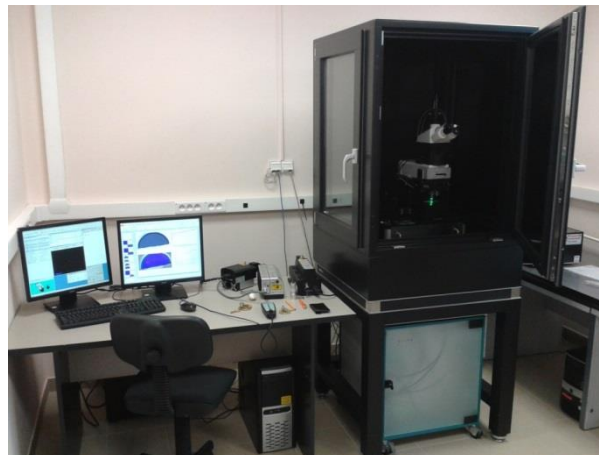
Obecnie stosowane metody analizy układów biologicznych obrazowania są bardzo często ograniczone ze względu na niedostateczną czułość, swoistość, a także rozdzielczość przestrzenną, czasową oraz spektralną.

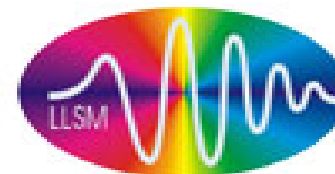


CEL BADAŃ

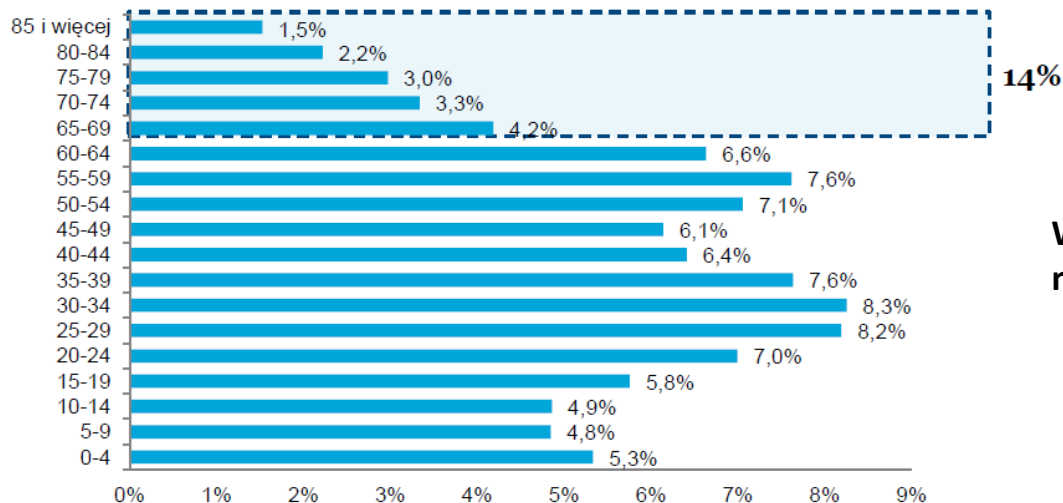


**IDENTYFIKACJA ZMIAN NOWOTWOROWYCH RÓŻNYCH NARZĄDÓW
CZŁOWIEKA: MÓZGU, PIERSI, PRZEWODU POKARMOWEGO,
ORANÓW GŁOWY-SZYI.**

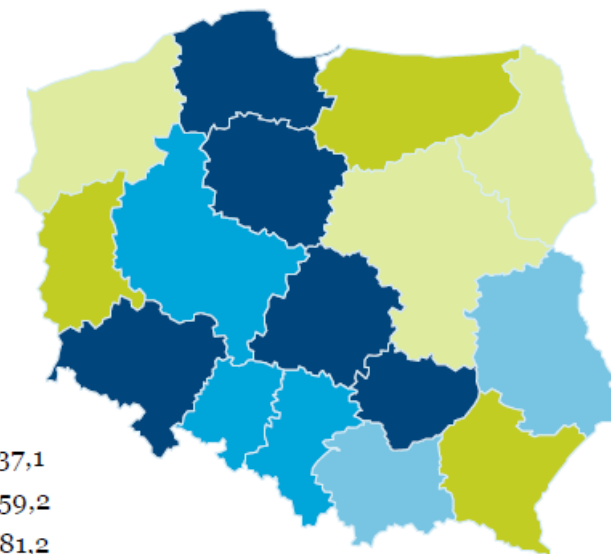




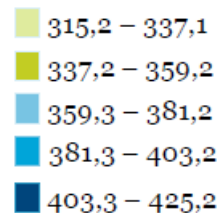
Struktura wiekowa w Polsce w roku 2012



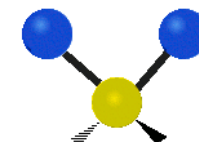
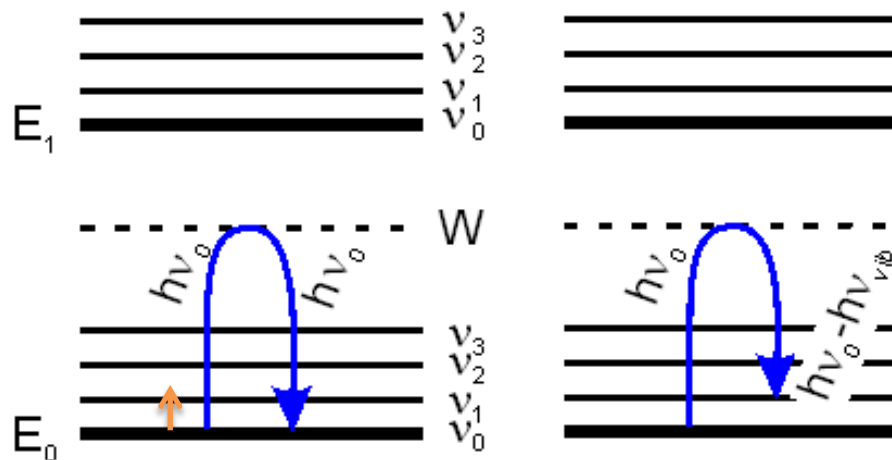
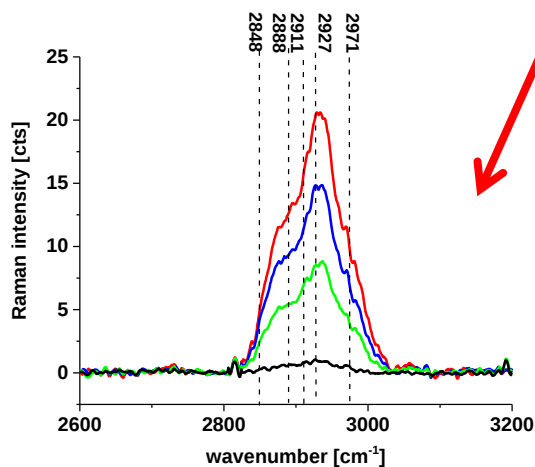
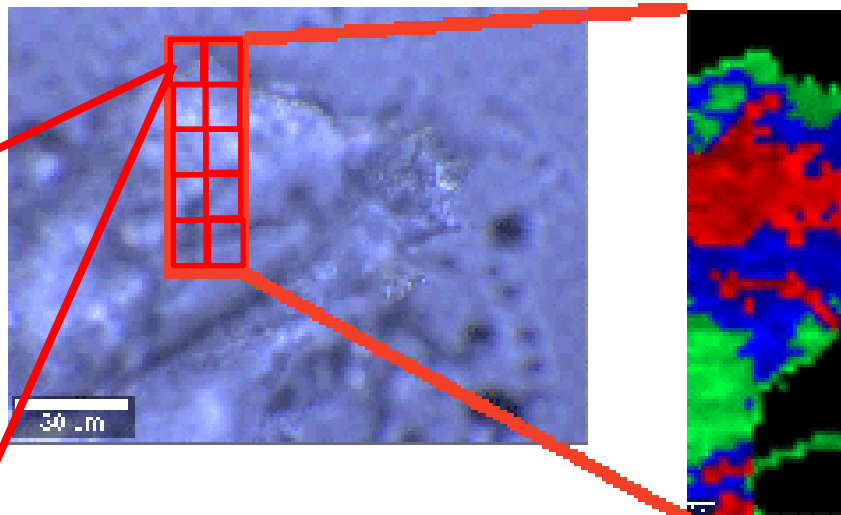
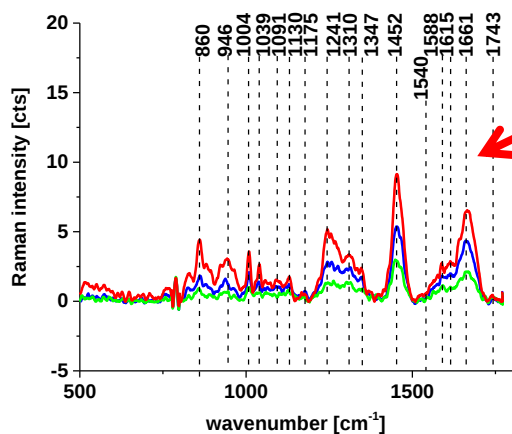
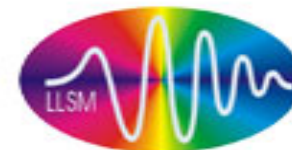
Współczynnik zachorowań na nowotwory złośliwe na 100 tys. mieszkańców w roku 2011



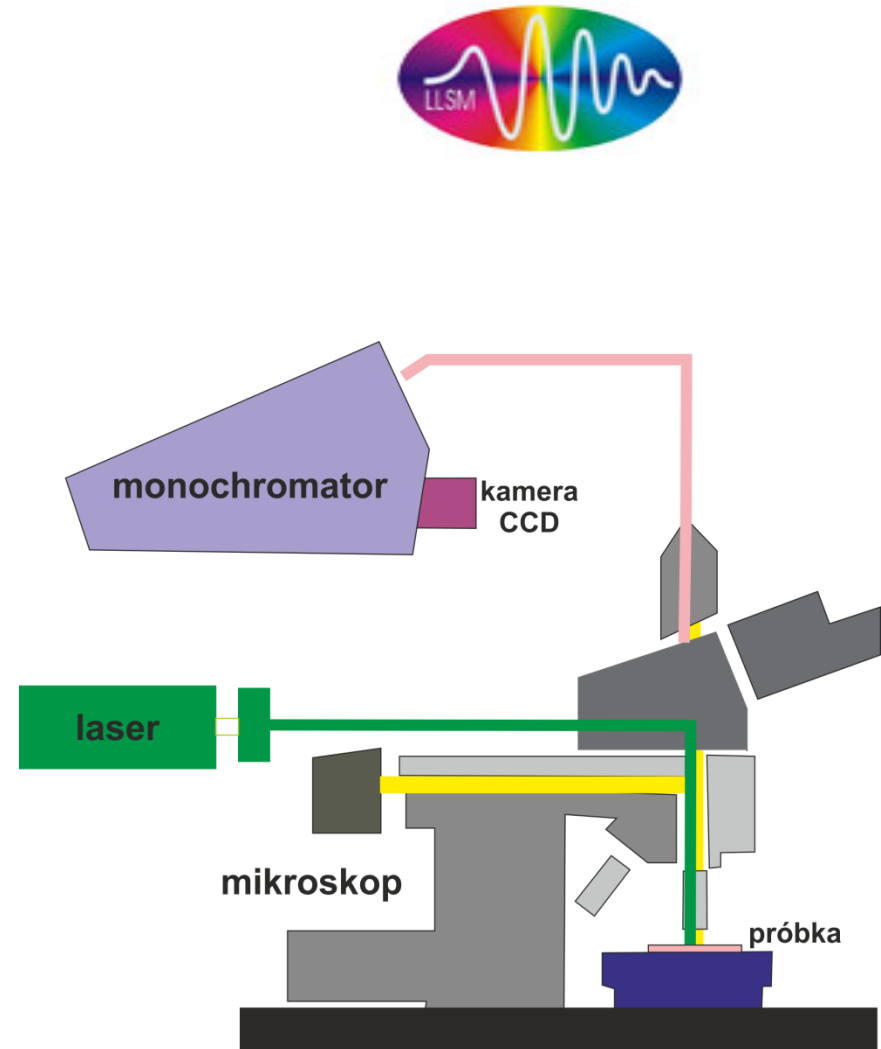
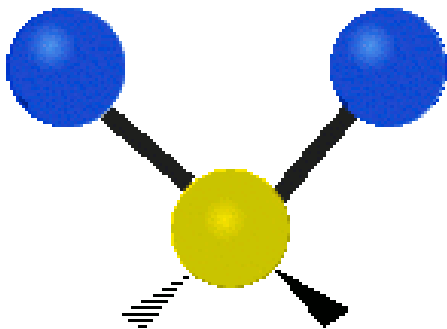
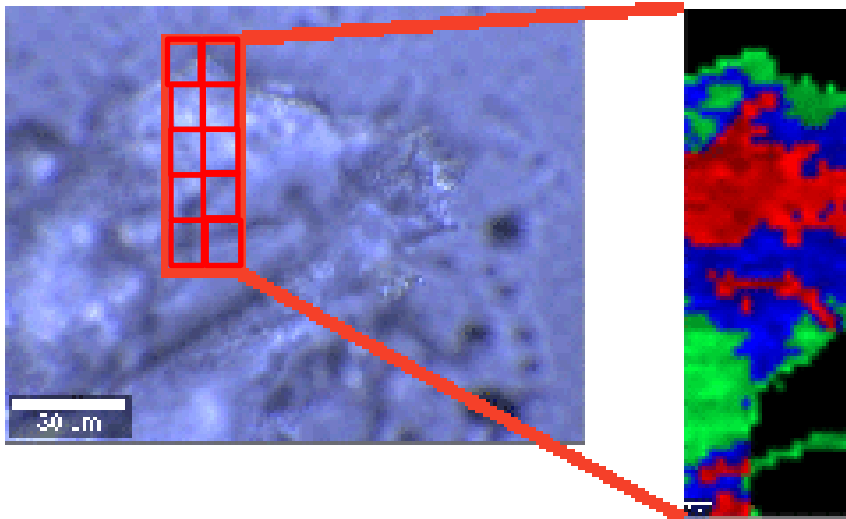
Nowotwory to schorzenia w głównej mierze osób starszych, przy starzejącym się społeczeństwie trzeba być przygotowanym na wzrost liczby zachorowań



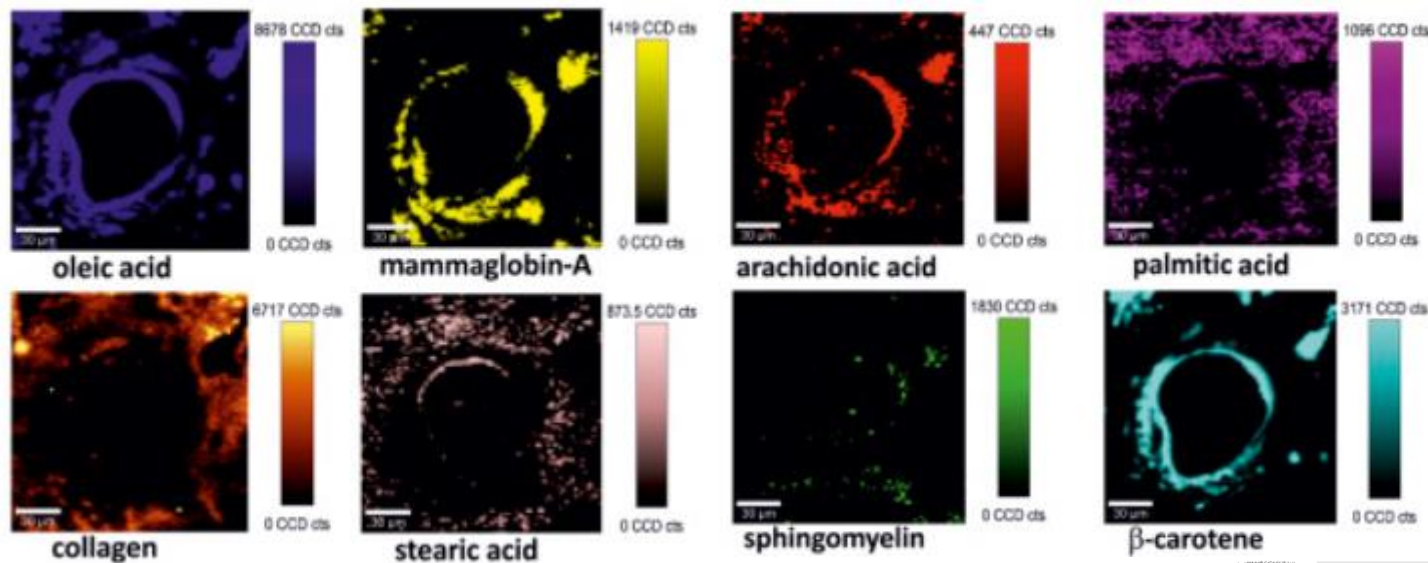
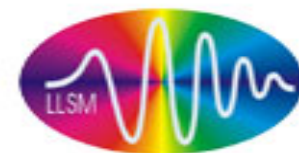
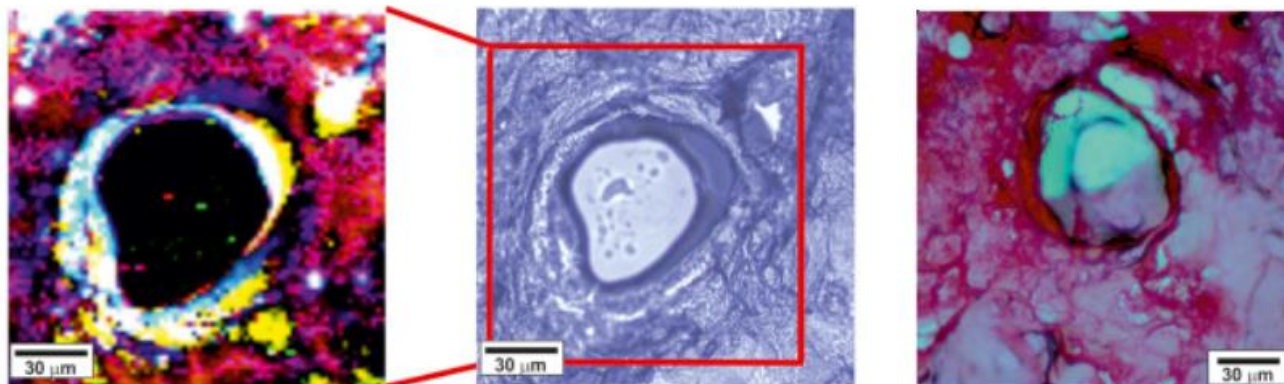
Spektroskopia i obrazowanie RAMANA



Spektroskopia i obrazowanie RAMANA



Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego



tkanka prawidłowa
pacjent P115



Contents lists available at ScienceDirect

Analytica Chimica Acta

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aca

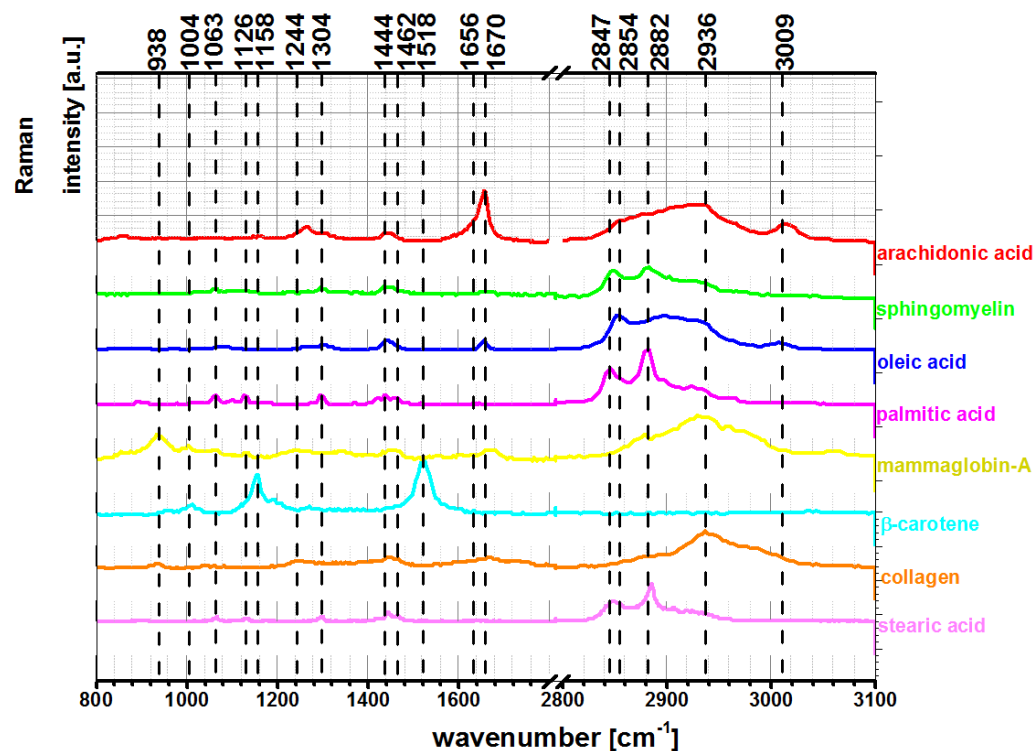
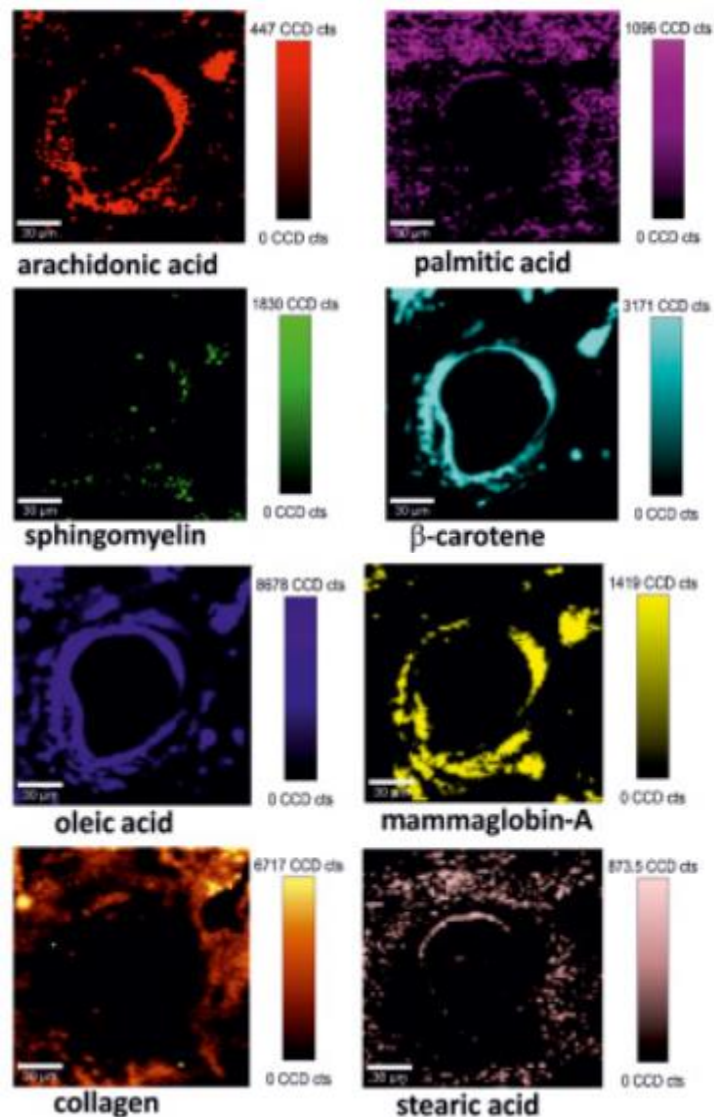


New look inside human breast ducts with Raman imaging. Raman candidates as diagnostic markers for breast cancer prognosis: Mammaglobin, palmitic acid and sphingomyelin

Halina Abramczyk^{*}, Beata Brozek-Pluska

^{*}Lodz University of Technology, Institute of Applied Radiation Chemistry, Laboratory of Laser Molecular Spectroscopy, Wroblewskiego 15, 93-590 Lodz, Poland

Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Analytica Chimica Acta

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aca



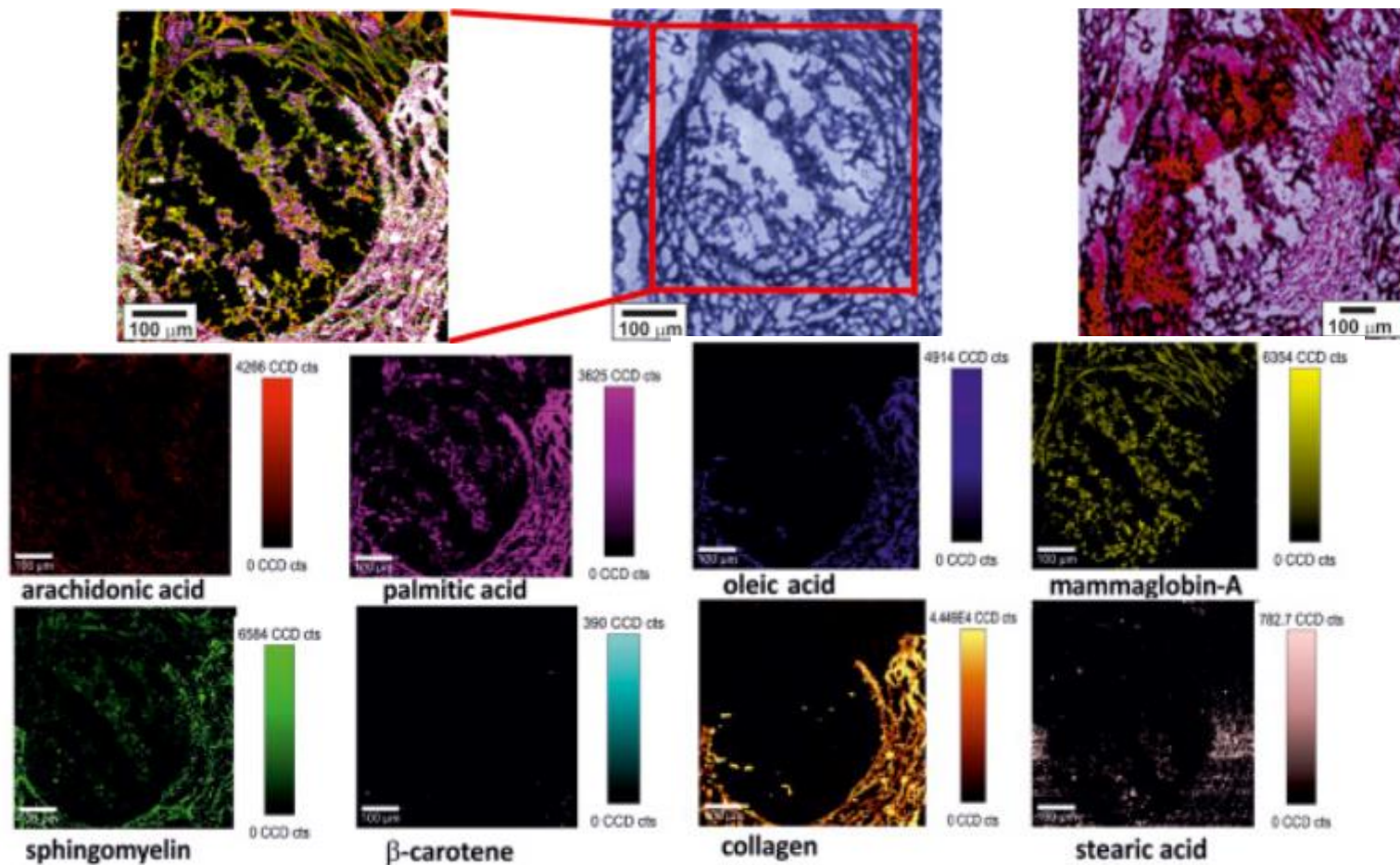
New look inside human breast ducts with Raman imaging. Raman candidates as diagnostic markers for breast cancer prognosis: Mammaglobin, palmitic acid and sphingomyelin

Halina Abramczyk*, Beata Brozek-Pluska

Lodz University of Technology, Institute of Applied Radiation Chemistry, Laboratory of Laser Molecular Spectroscopy, Wroblewskiego 15, 93-590 Lodz, Poland



Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego



*tkanka zmieniona nowotworowo
ductal carcinoma in situ, G1 and G2
pacjent P115*



Contents lists available at ScienceDirect

Analytica Chimica Acta

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aca

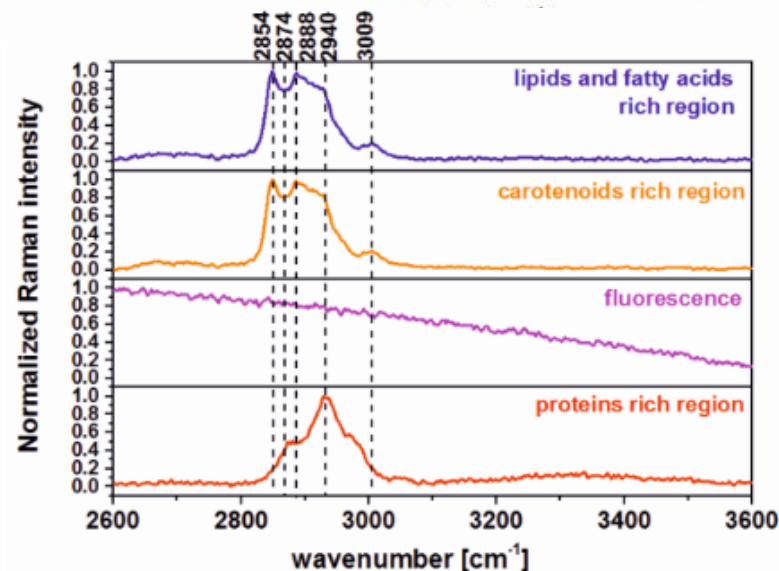
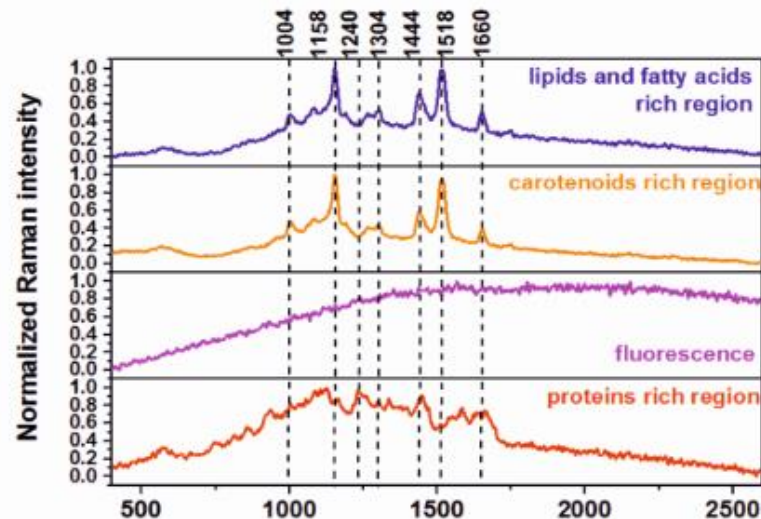
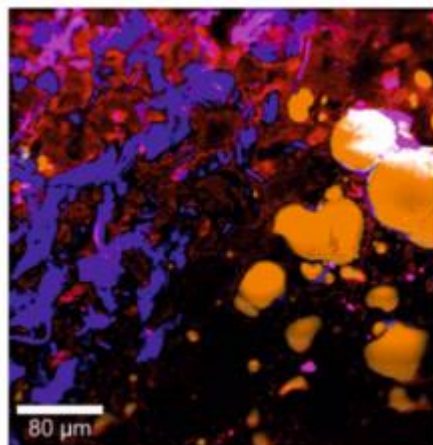
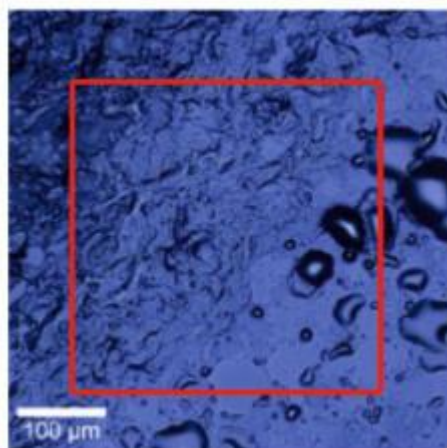
New look inside human breast ducts with Raman imaging. Raman candidates as diagnostic markers for breast cancer prognosis: Mammaglobin, palmitic acid and sphingomyelin

Halina Abramczyk*, Beata Brozek-Pluska

Łódź University of Technology, Institute of Applied Radiation Chemistry, Laboratory of Laser Molecular Spectroscopy, Wroblewskiego 15, 93-590 Łódź, Poland



Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego

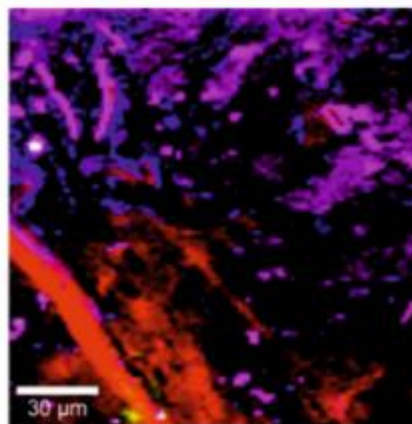
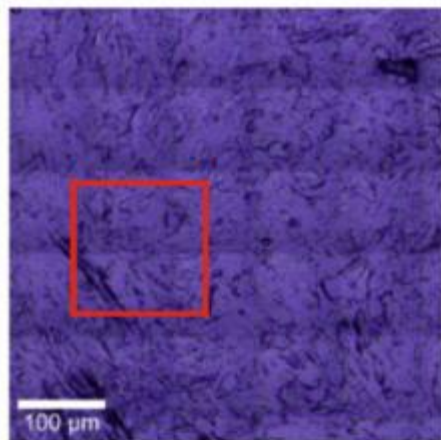


tkanka o utkaniu prawidłowym
pacjent P80

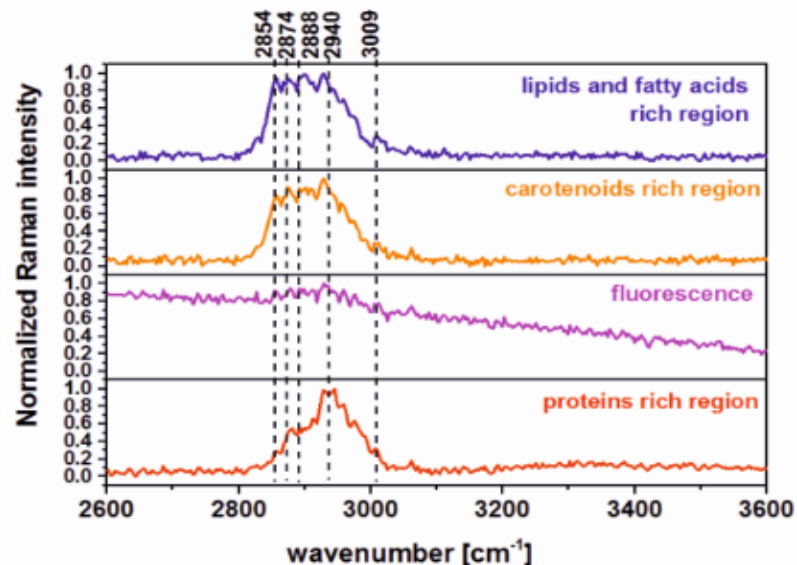
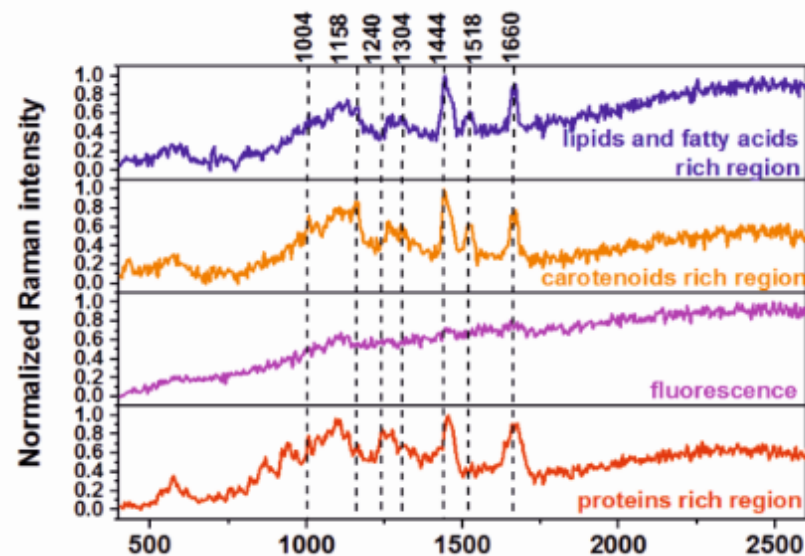
Raman microspectroscopy of noncancerous and cancerous human breast tissues. Identification and phase transitions of linoleic and oleic acids by Raman low-temperature studies†

Beata Brozek-Pluska,* Monika Kopec, Jakub Surmacki and Halina Abramczyk

Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego



tkanka zmieniona nowotworowo
IDC. łac. carcinoma ductale infiltrans mammae
pacjent P80

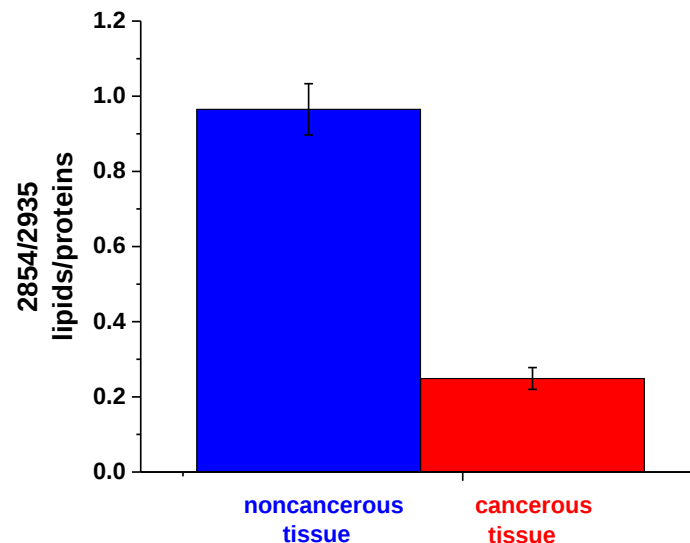
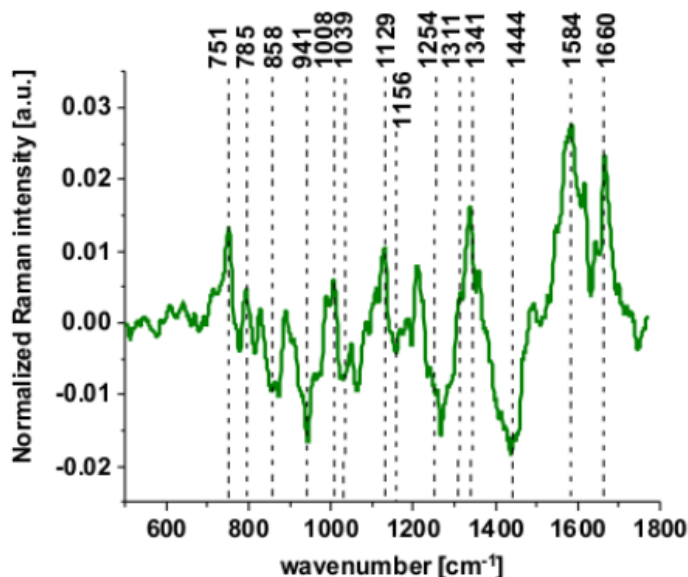


Raman microspectroscopy of noncancerous and cancerous human breast tissues. Identification and phase transitions of linoleic and oleic acids by Raman low-temperature studies†

Beata Brozek-Pluska,* Monika Kopec, Jakub Surmacki and Halina Abramczyk

Przeprogramowanie metaboliczne lipidów w komórkach nowotworowych

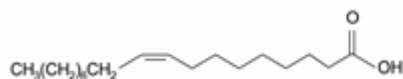
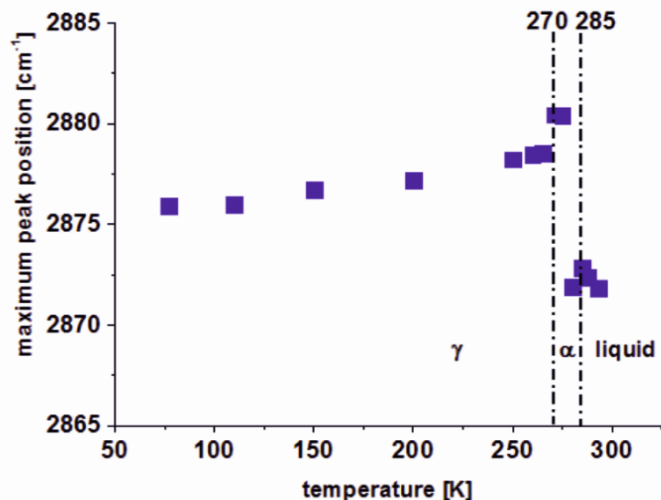
Przez wiele lat fenotyp lipidów był ignorowany przez środowisko naukowe, które skupiało się niemal wyłącznie na biosyntezie białek i profilu proteomu, czyli kompletnego zestawu białek danego organizmu (z ang. protein complement of the genome), kodowanych przez genom.



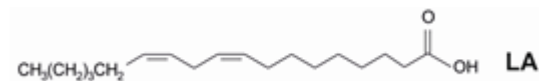
Analiza przejść fazowy kwasu oleinowego (OA) i linolowego (LA)

$\nu_s(\text{CH}_2)$

OA

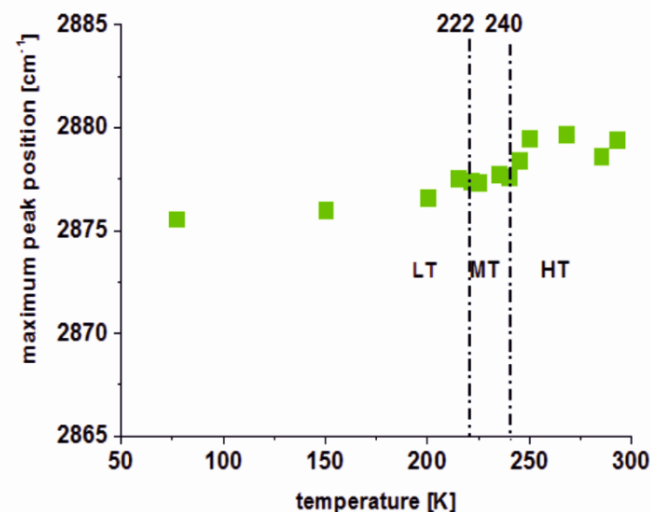


OA



LA

LA



Journal of
Medicinal
Chemistry

ARTICLE
pubs.acs.org/jmc

Phase Transitions in Oleic Acid and in Human Breast Tissue As Studied by Raman Spectroscopy and Raman Imaging

Beata Brozek-Pluska,[†] Joanna Jablonska-Gajewicz,[‡] Radziław Kordek,[†] and Halina Abramczyk^{*†}

[†]Laboratory of Laser Molecular Spectroscopy, Institute of Applied Radiation Chemistry, Technical University of Lodz, Wroblewskiego 15, 93-590 Lodz, Poland

[‡]Department of Pathology, Chair of Oncology, Medical University of Lodz, Paderewskiego 4, 93-509 Lodz, Poland

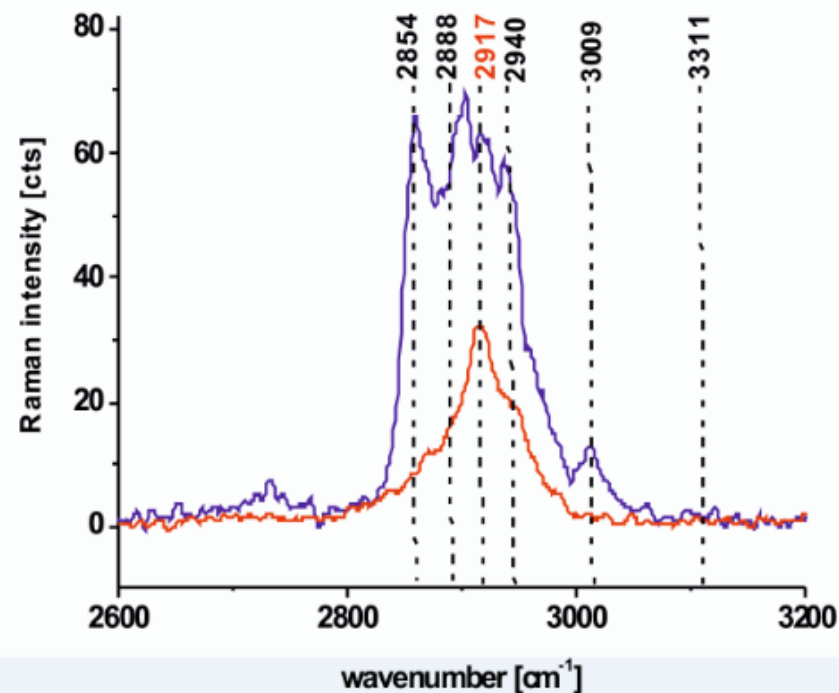
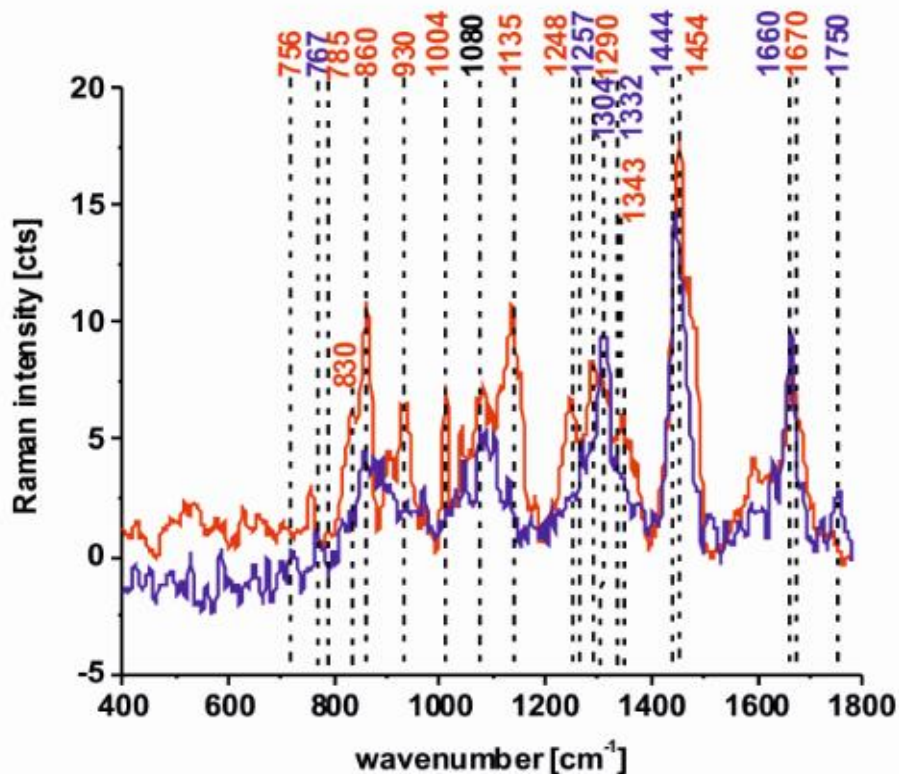


Cite this: *Analyst*, 2015, 140, 2134

Raman microspectroscopy of noncancerous and cancerous human breast tissues. Identification and phase transitions of linoleic and oleic acids by Raman low-temperature studies[†]

Beata Brozek-Pluska,* Monika Kopec, Jakub Surmacki and Halina Abramczyk

Obrazowanie Ramana ludzkich tkanek głowy i szyi - analiza konformacji białek



Analyst

PAPER



View Article Online
View Journal | View Issue



Label-free determination of lipid composition and secondary protein structure of human salivary noncancerous and cancerous tissues by Raman microspectroscopy

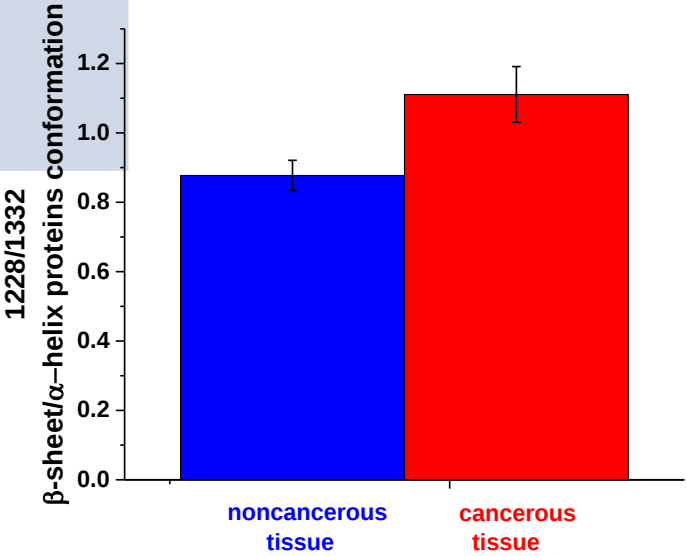
Beata Brozek-Pluska^{*,†}, Monika Kopec^{*,†}, Izabela Niedzwiecka[‡] and Alina Morawiec-Sztandera[‡]

Chem. Anal. 2015, 140, 2107

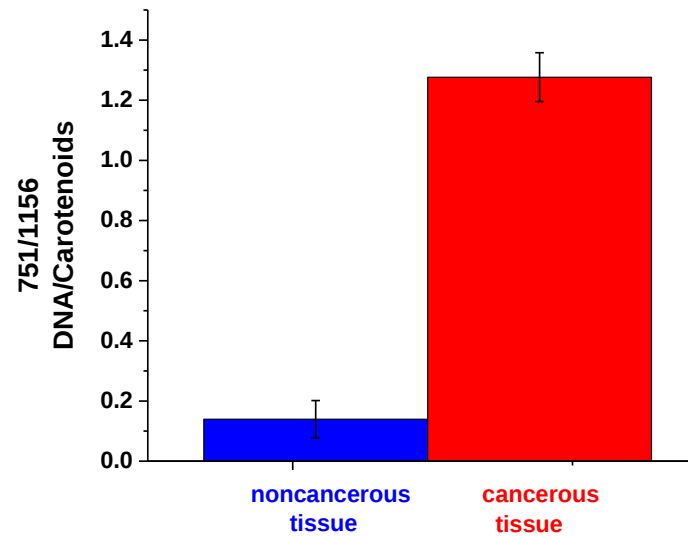
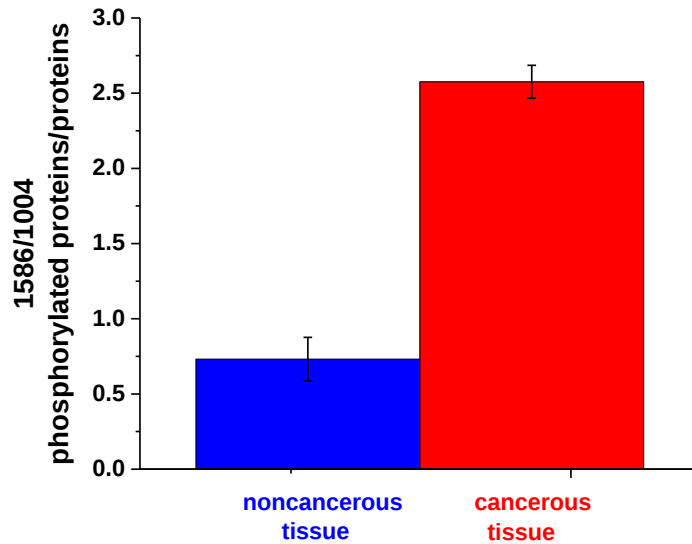
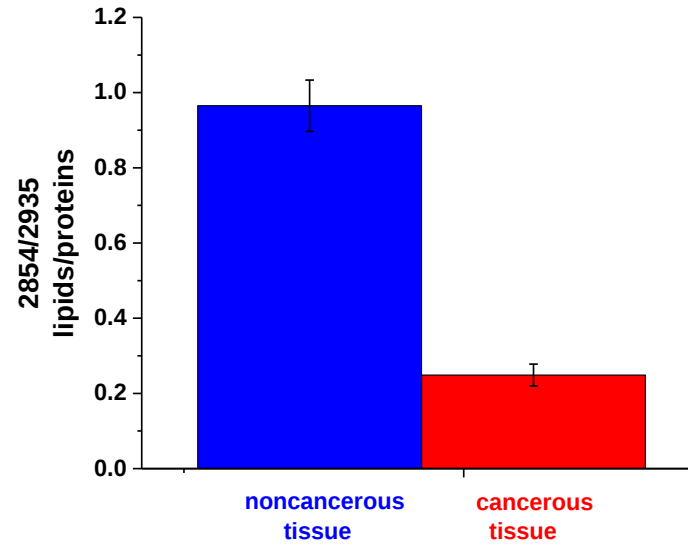
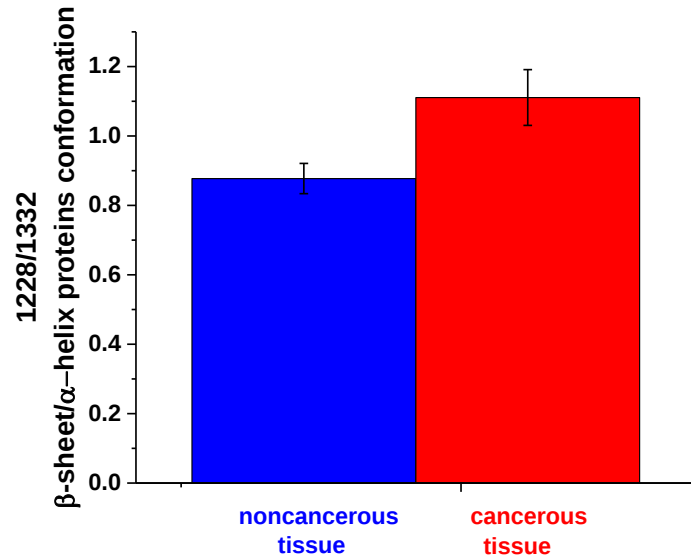
Przypisanie pasma Amidu I do różnych postaci struktury drugorzędowej białek

Goormaghtigh, E., Cabiaux, V. & Ruyschaert, J.-M.
Subcell. Biochem.

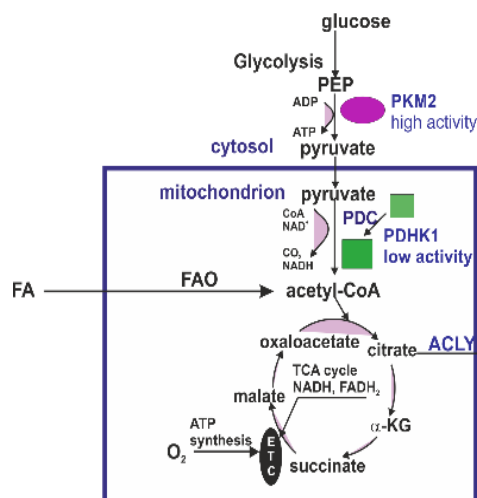
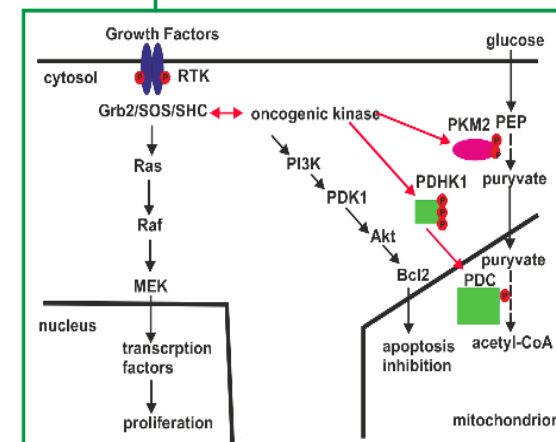
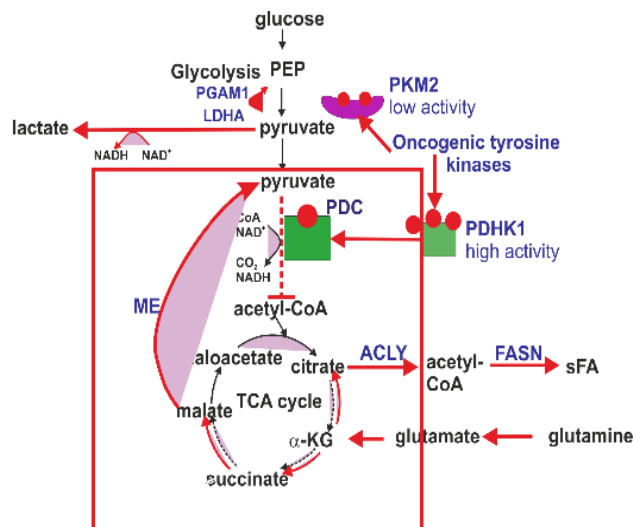
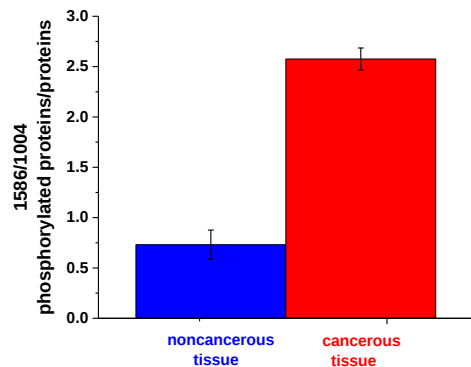
Struktura drugorzędowa	Położenie maximum [1/cm]	Zakres [1/cm]
α -helisa	1654	1648-1657
β -kartka	1633	1623-1641
β -kartka	1684	1674-1695
pętle	1672	1662-1686
Forma nieuporządkowana	1654	1642-1657



Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych

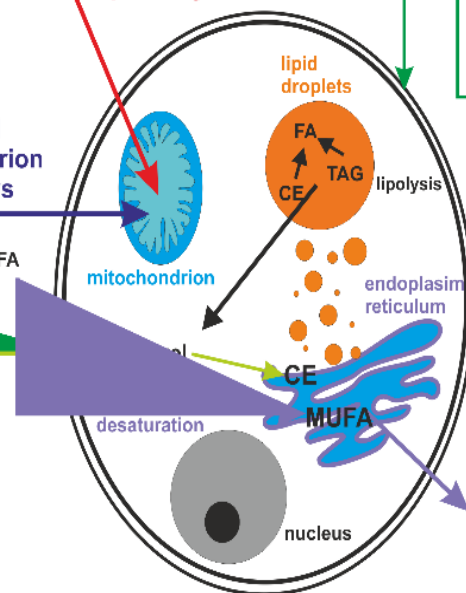


Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych

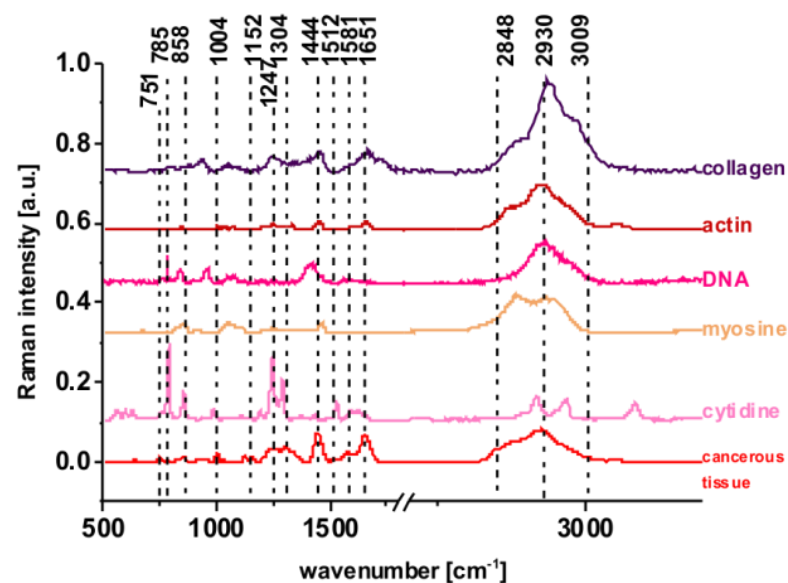
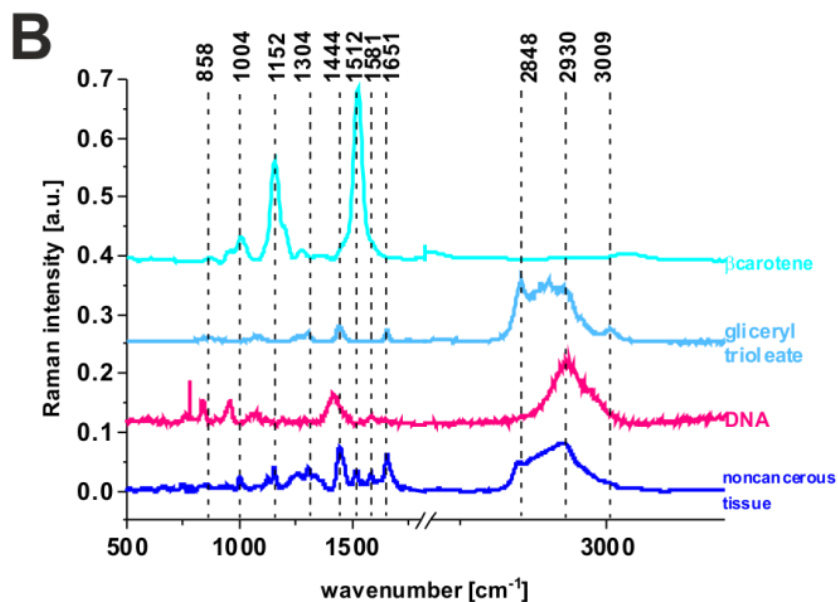
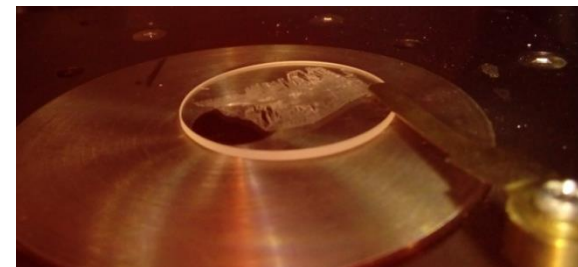
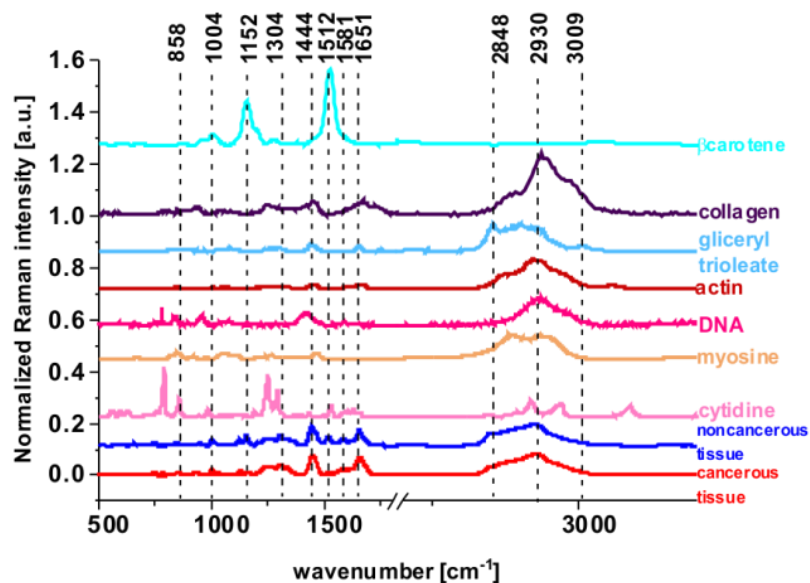
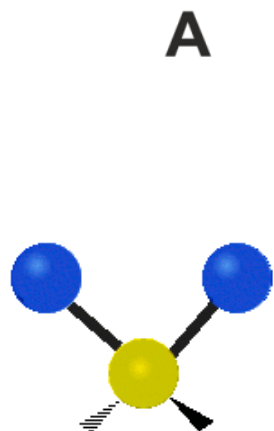


Cancer mitochondrion pathways

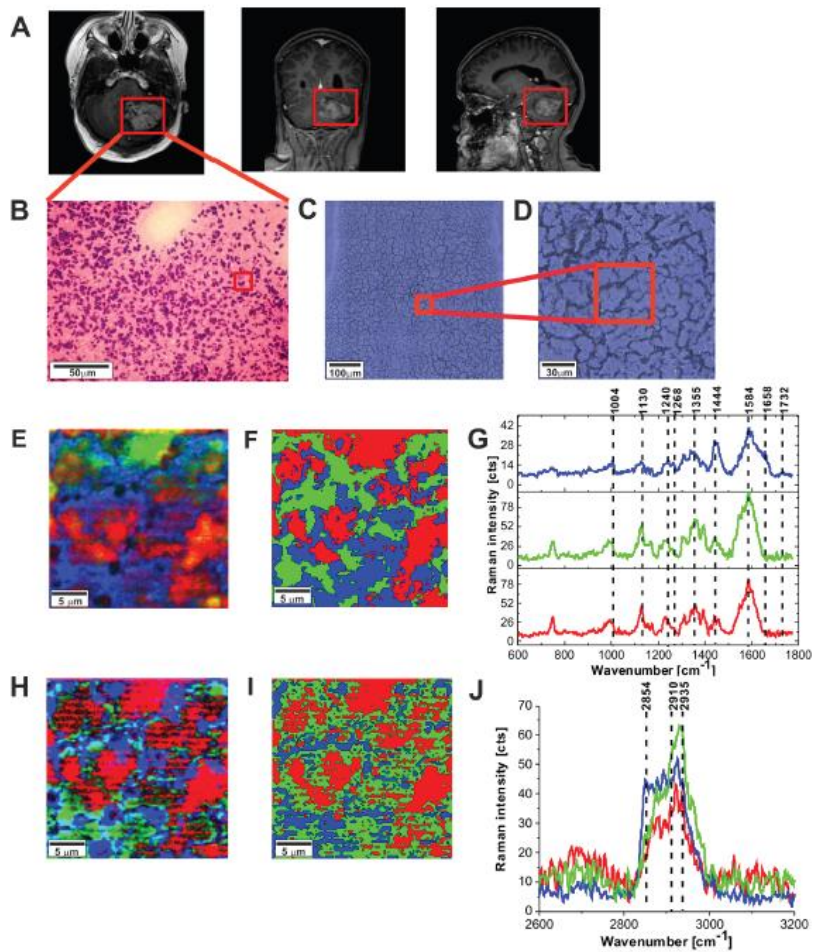
Normal mitochondrion pathways



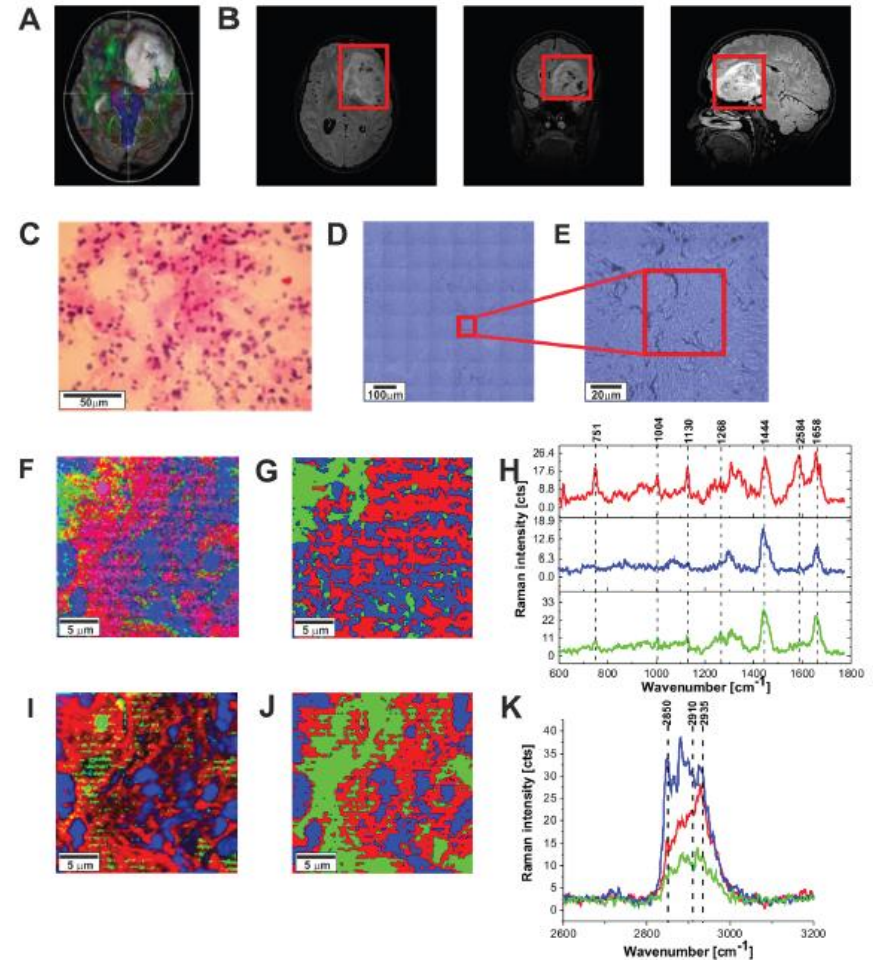
Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych



Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych

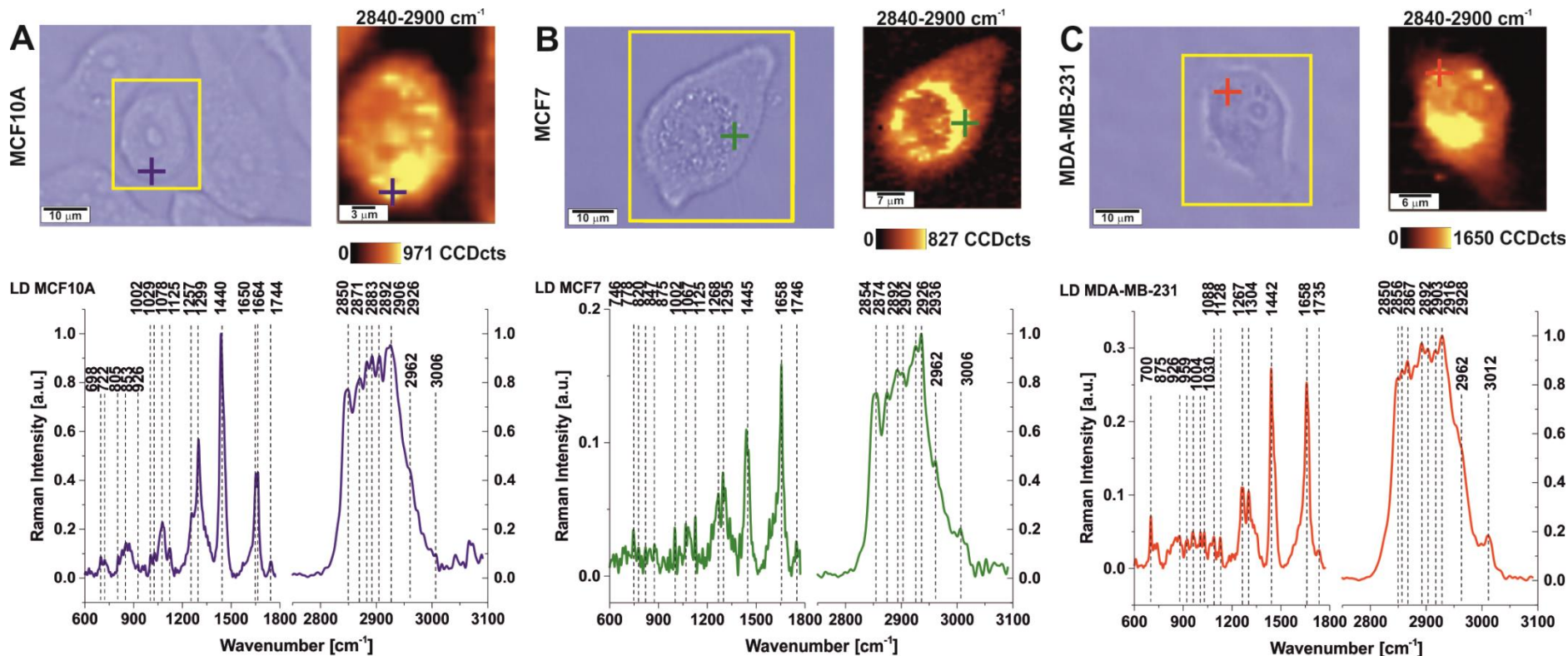


Medulloblastoma , grade IV



Astrocytoma , grade II

Obrazowanie Ramana linii komórkowych ludzkiego gruczołu piersiowego



MCF-10A

MCF-7

MDA-MB-231

Analyst

PAPER

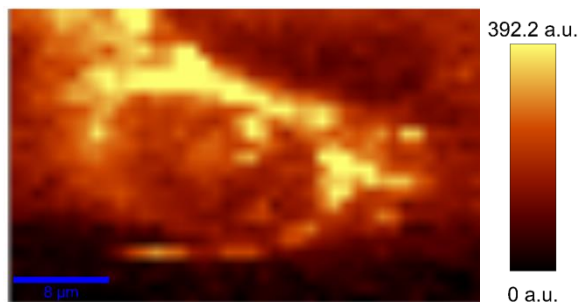
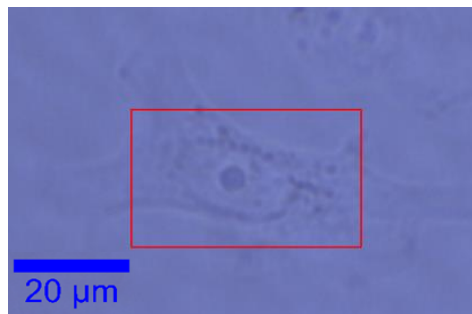
View Article Online
View Journal / Download



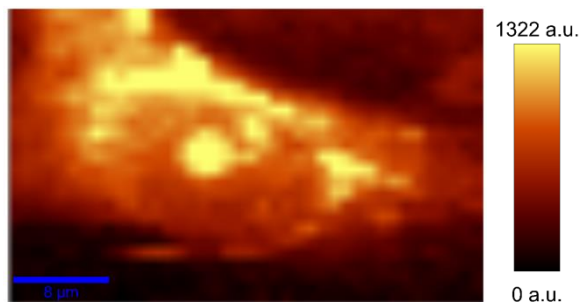
The role of lipid droplets and adipocytes in cancer. Raman imaging of cell cultures: MCF10A, MCF7, and MDA-MB-231 compared to adipocytes in cancerous human breast tissue

Halina Abramczyk,* Jakub Surmacz,* Monika Kosiec,* Alicja Klaudia Olejnik,* Katarzyna Lubecka-Pietruszewska* and Krystyna Fabianowska-Majewska*

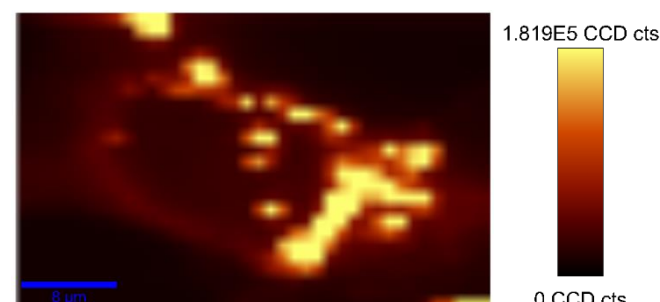
Obrazowanie Ramana linii komórkowych ludzkiego gruczołu piersiowego



**Lipid droplets
(2820-2870 1/cm)**



**Proteins/DNA
(2900-2980 1/cm)**



Fluorescence of Red Oil O



Analyst

PAPER

[View Article Online](#)
[View Journal](#) | [View Issue](#)

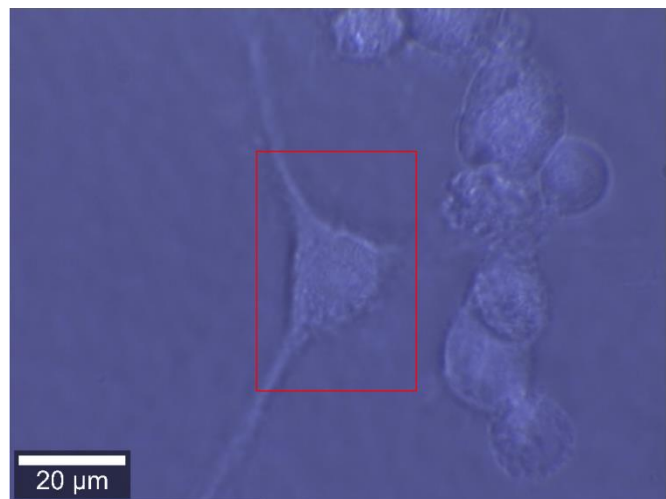


Cite this: *Analyst*, 2015, 140, 2224

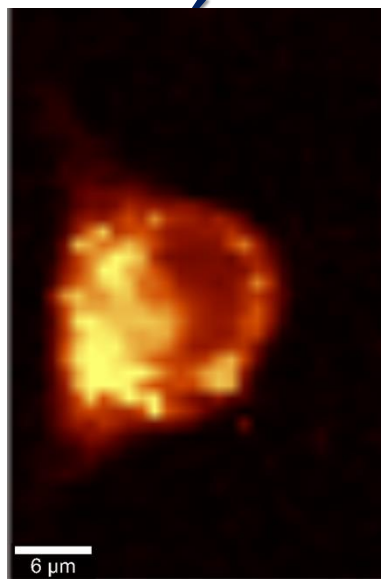
The role of lipid droplets and adipocytes in cancer. Raman imaging of cell cultures: MCF10A, MCF7, and MDA-MB-231 compared to adipocytes in cancerous human breast tissue

Halina Abramczyk,^{a,*} Jakub Surmacki,^a Monika Kopeć,^a Alicja Klaudia Olejnik,^a Katarzyna Lubecka-Pietruszewska^b and Krystyna Fabianowska-Majewska^b

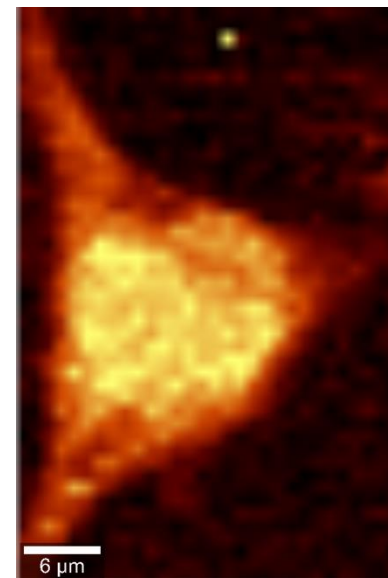
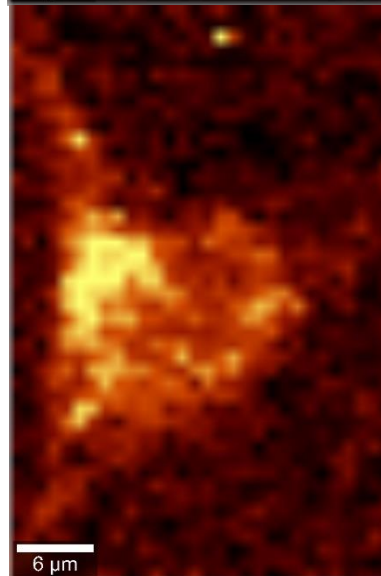
Obrazowanie Ramana linii komórkowych ludzkiego



Sum [1570 a.u. -> 1595
a.u.]

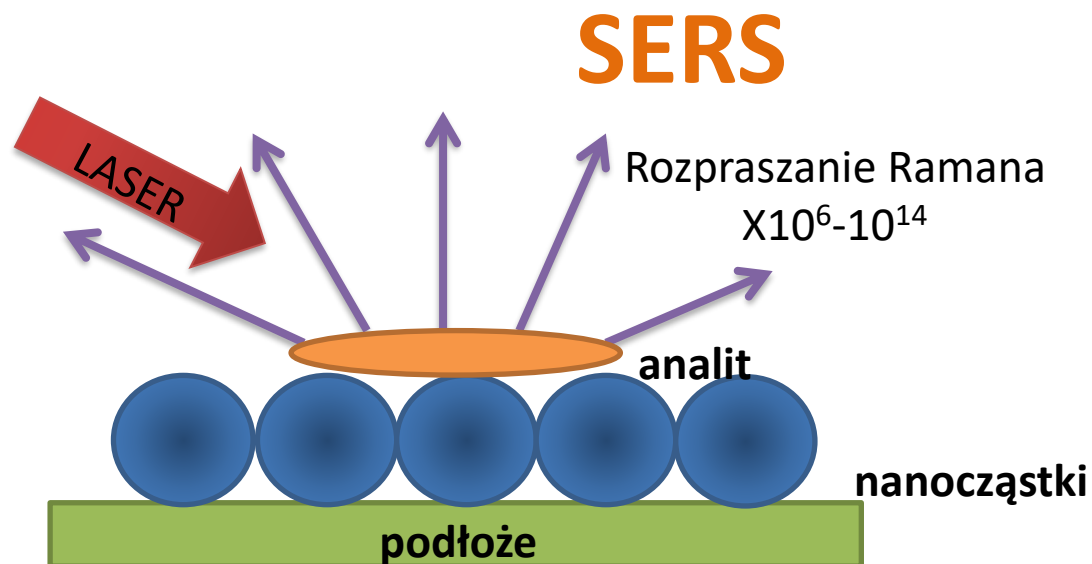


Sum [2840 a.u. -> 2900
a.u.]

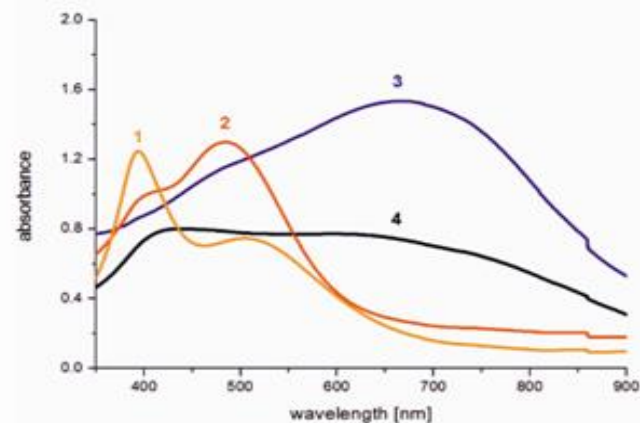
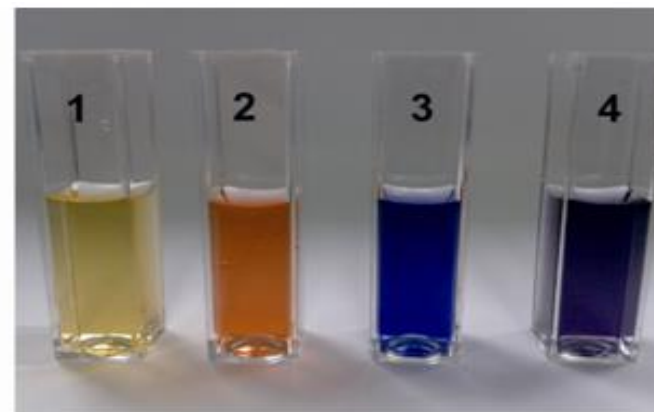


Sum [1630 a.u. -> 1685
a.u.]

SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy

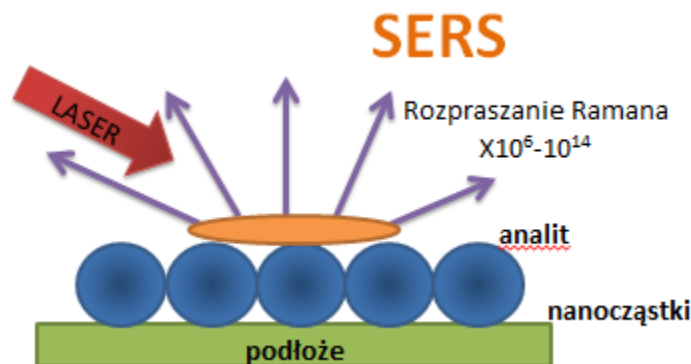


METODY REDUKCJI CHEMICZNEJ
METODY MIKROEMULSYJNE
METODY SONOCHEMICZNE
ABLACJA LASEROWA
METODY RADIACYJNE
TERMICZNA DEKOMPOZYCJA



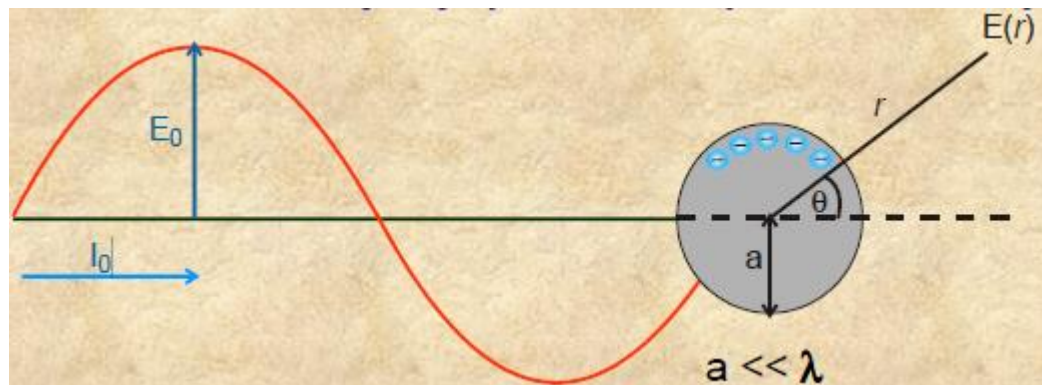
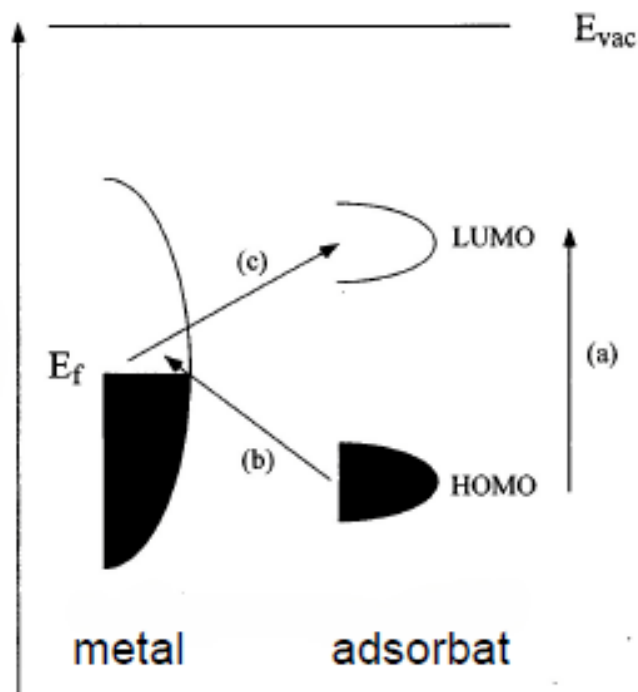
SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy

- Cząsteczki zaadsorbowane na chropowatych powierzchniach niektórych metali (Ag, Au, Cu) dają bardzo intensywny sygnał ramanowski.
- Wzmocnienie rozpraszania ramanowskiego w stosunku do zwykłych warunków rejestracji widma jest rzędu 10^6 lub większe.
- 1974- Pierwsza wzmianka o zaskakująco silnym rozproszeniu ramanowskim: Fleischmann *et al.* - rejestracja widm ramanowskich pirydyny zaadsorbowanej na elektrodzie srebrowej poddanej uprzednio kilkukrotnemu cyklowi utlenianie-redukcja
- 1977 - Jeanmaire & Van Duyne oraz Albrecht & Creighton wykazują, że obserwowane w tych warunkach silne wzmocnienia sygnału ramanowskiego nie da się wyjaśnić zwiększoną powierzchnią adsorpcyjną metalu.

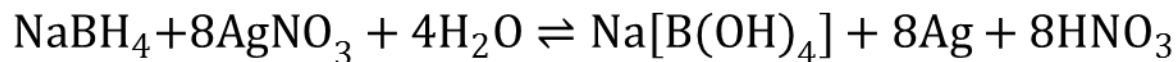
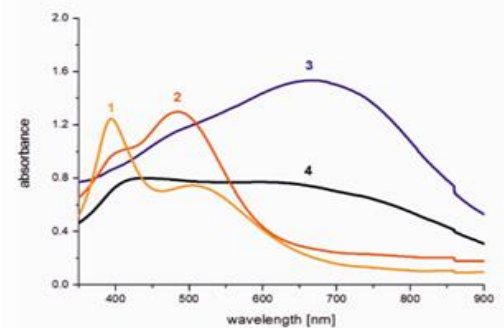
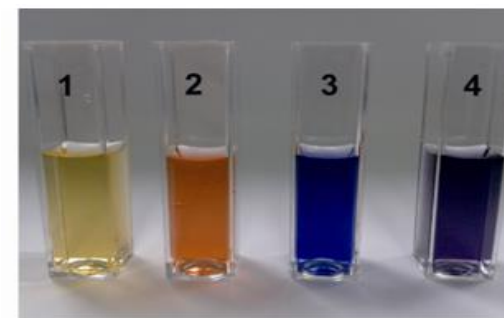
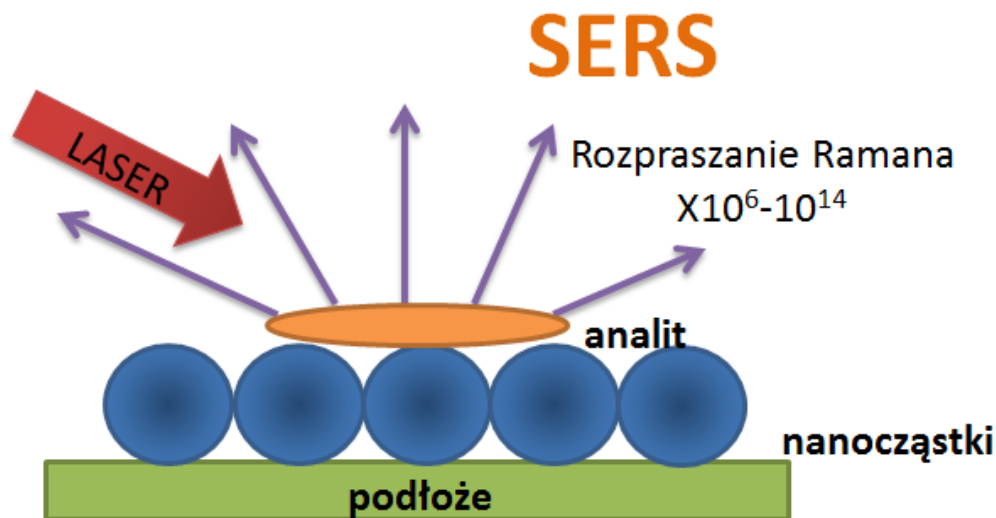


SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy

Obecnie przyjmuje się, że obserwowane wzmocnienie sygnału jest wypadkową dwóch mechanizmów: **wzmocnienia chemicznego** oraz **wzmocnienia pola elektromagnetycznego**.

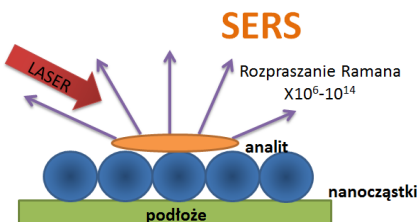


SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy



cytrynian sodu
bromek potasu
nadtlenek wodoru

SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy



Sample Details

Sample Name: seria_5_SiO2-MPTS_PO-MYCIU 3
 SOP Name: mansettings.nano
 General Notes: seria_5_SiO2-MPTS_PO-MYCIU_23.09.2013

File Name: seria_5_SiO2-MPTS_P... Dispersant Name: etanol
 Record Number: 5 Dispersant RI: 1,359
 Material RI: 1,33 Viscosity (cP): 1,0780
 Material Absorption: 0,17 Measurement Date and Time: 23 września 2013 13:59:15

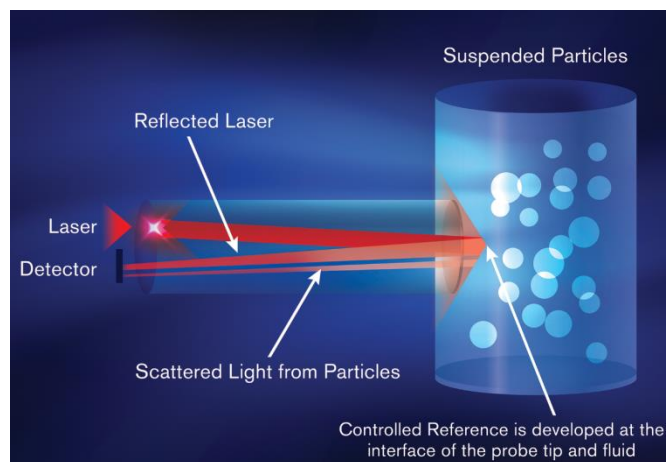
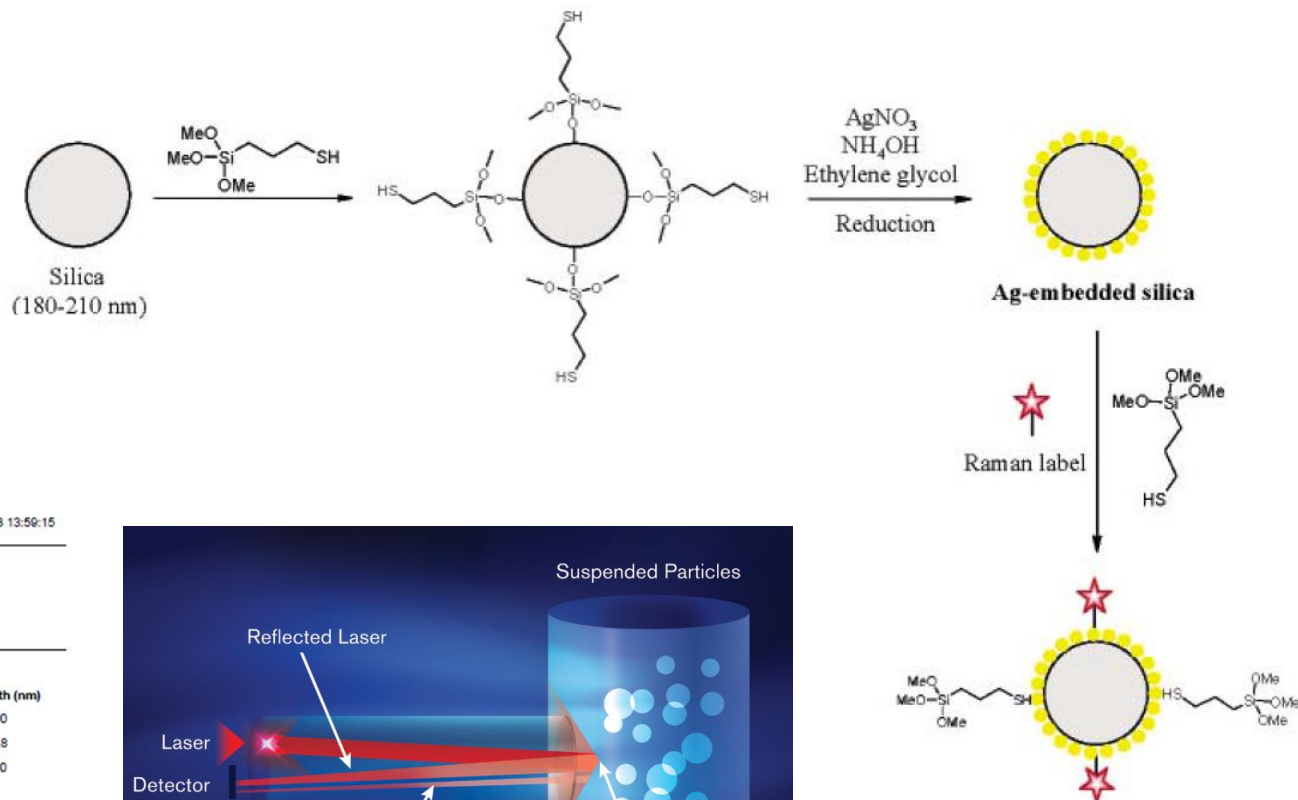
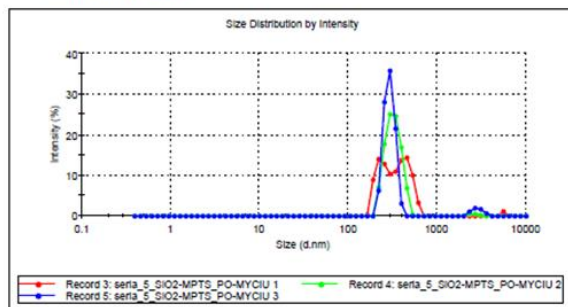
System

Temperature (°C): 25,0 Duration Used (s): 60
 Count Rate (kops): 441,4 Measurement Position (mm): 0,45
 Cell Description: Disposable sizing cuvette Attenuator: 4

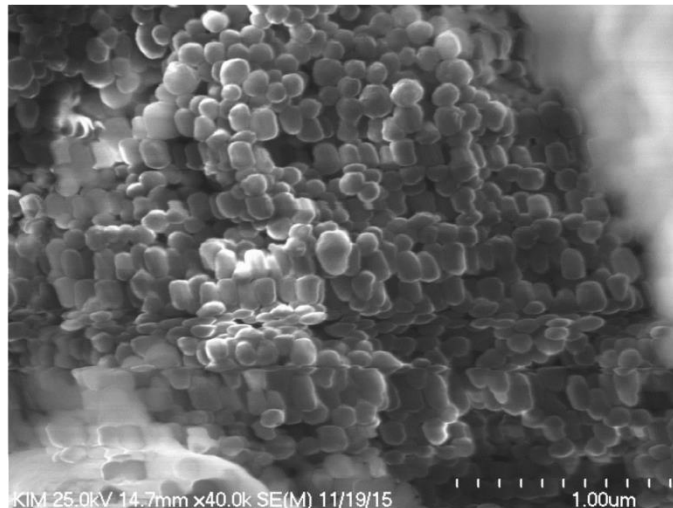
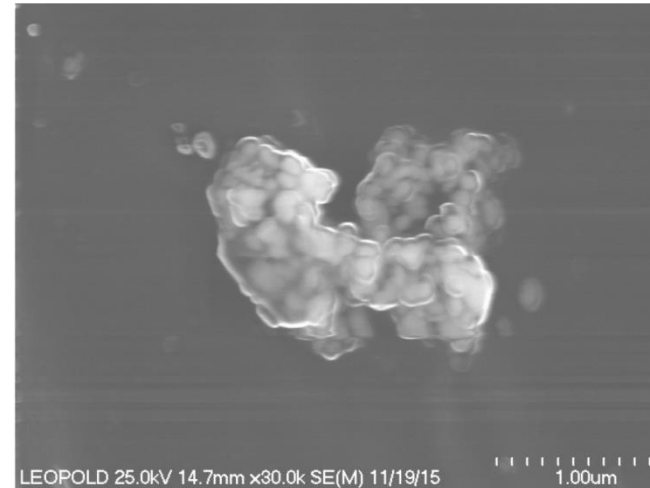
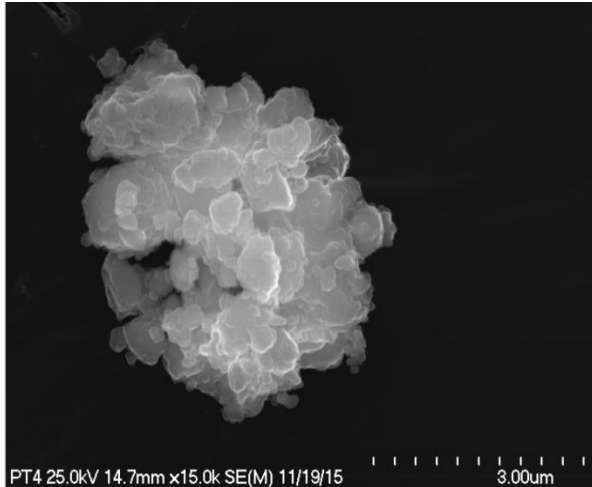
Results

	Diam. (nm)	% Intensity	Width (nm)
Z-Average (d.nm): 384,4	Peak 1: 292,3	94,6	40,90
PdI: 0,364	Peak 2: 2836	5,4	393,8
Intercept: 0,016	Peak 3: 0,000	0,0	0,000

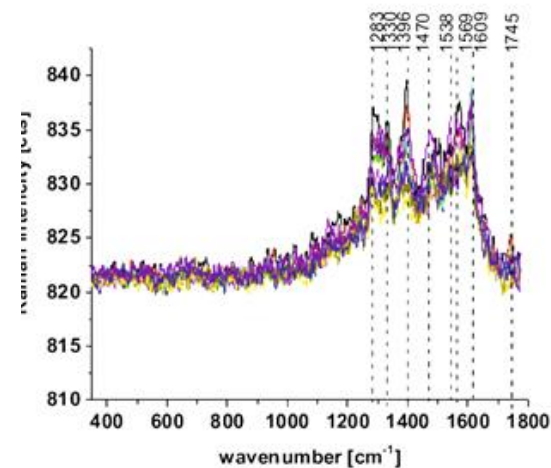
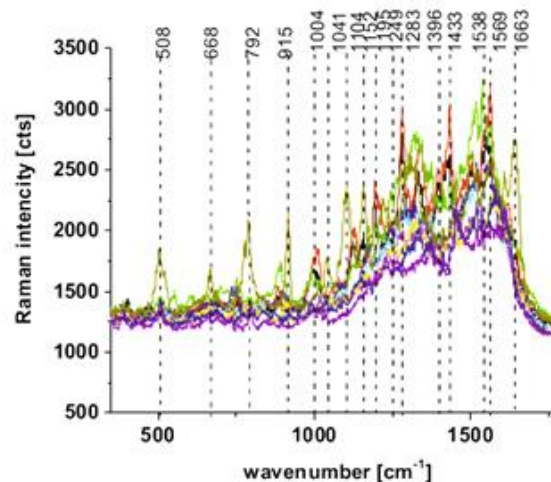
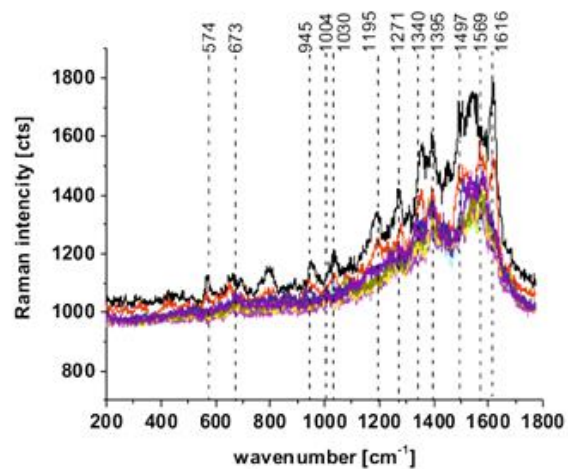
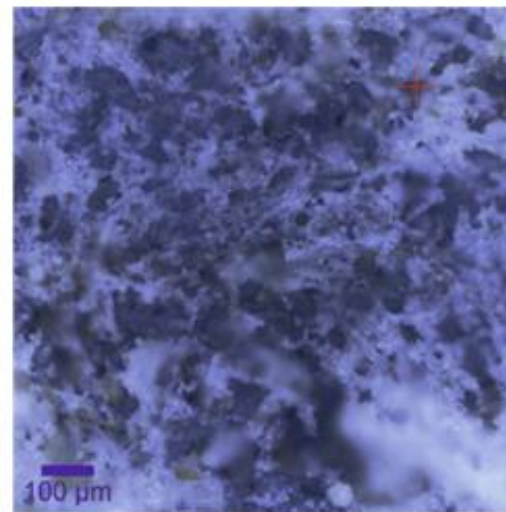
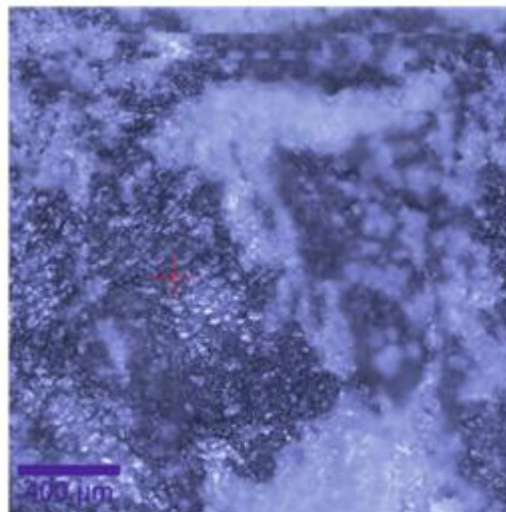
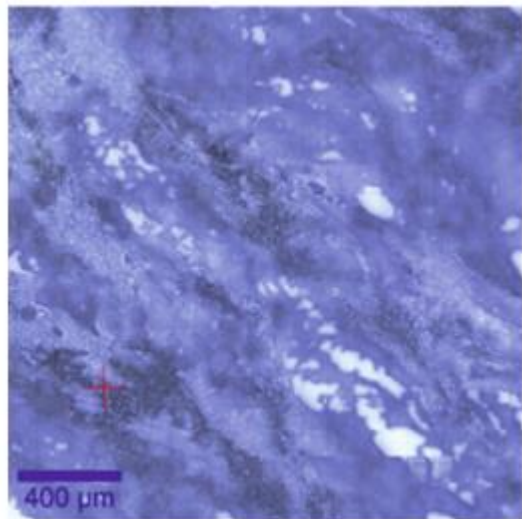
Result quality Good



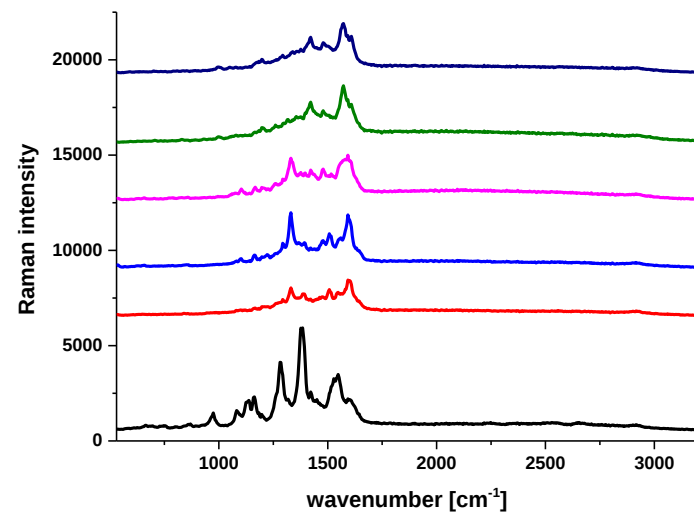
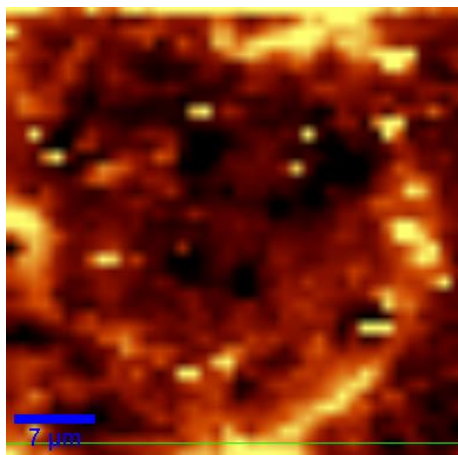
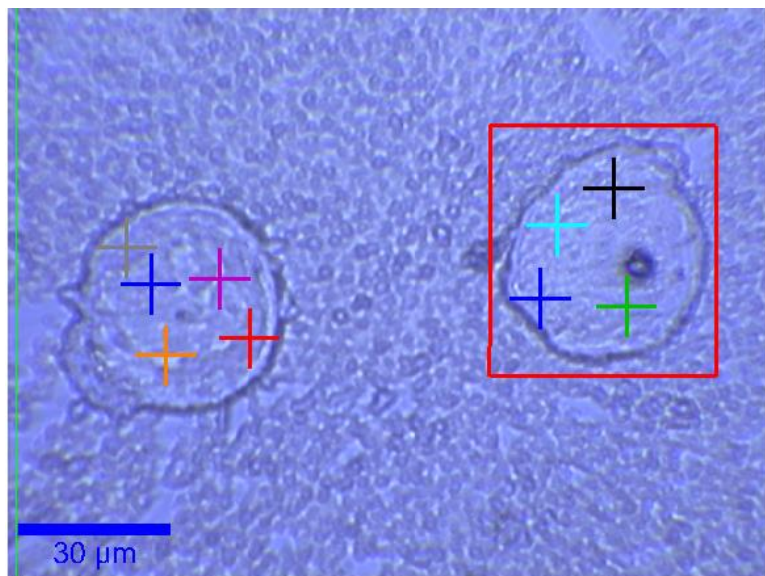
SERS - Surfes Enhanced Raman Spectroscopy



SERS Surfaces Enhanced Raman Spectroscopy

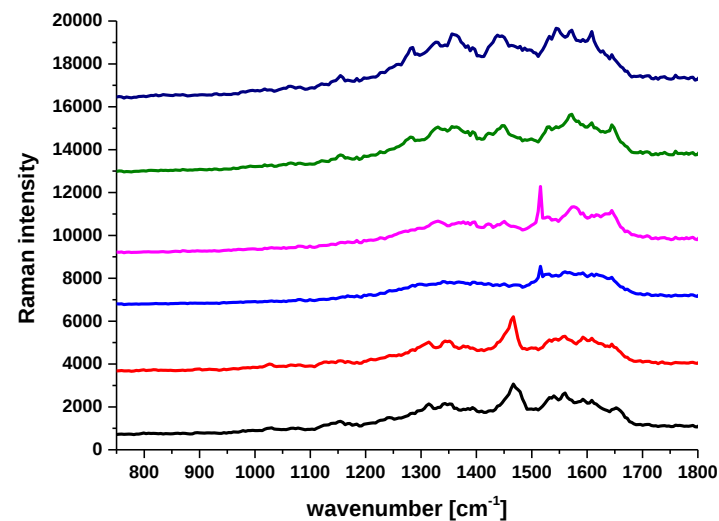


Obrazowanie Ramana ludzkich linii komórkowych *SERS*

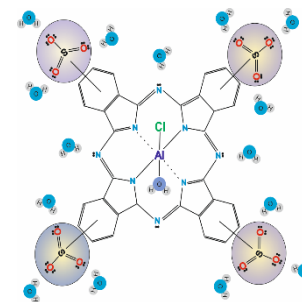
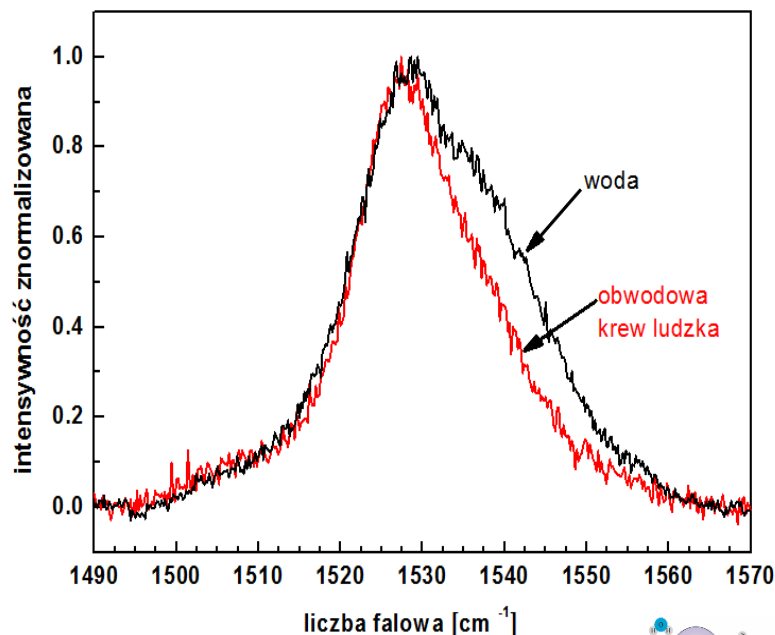
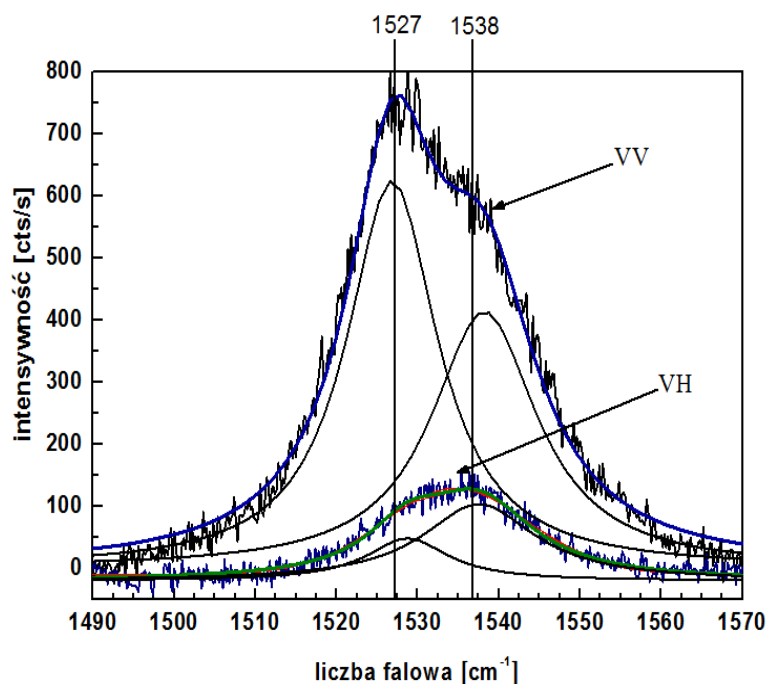


MCF7

**2 μW
0,1 sec**



Widma Ramana soli czterosodowej tetrasulfonowanej ftalocyjaniny miedzi w roztworze wodnym i krwi ludzkiej



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT[®]

Journal of Molecular Structure 744–747 (2005) 481–485

Journal of
MOLECULAR
STRUCTURE

www.elsevier.com/locate/molstruc

Raman spectroscopy of phthalocyanines and their sulfonated derivatives

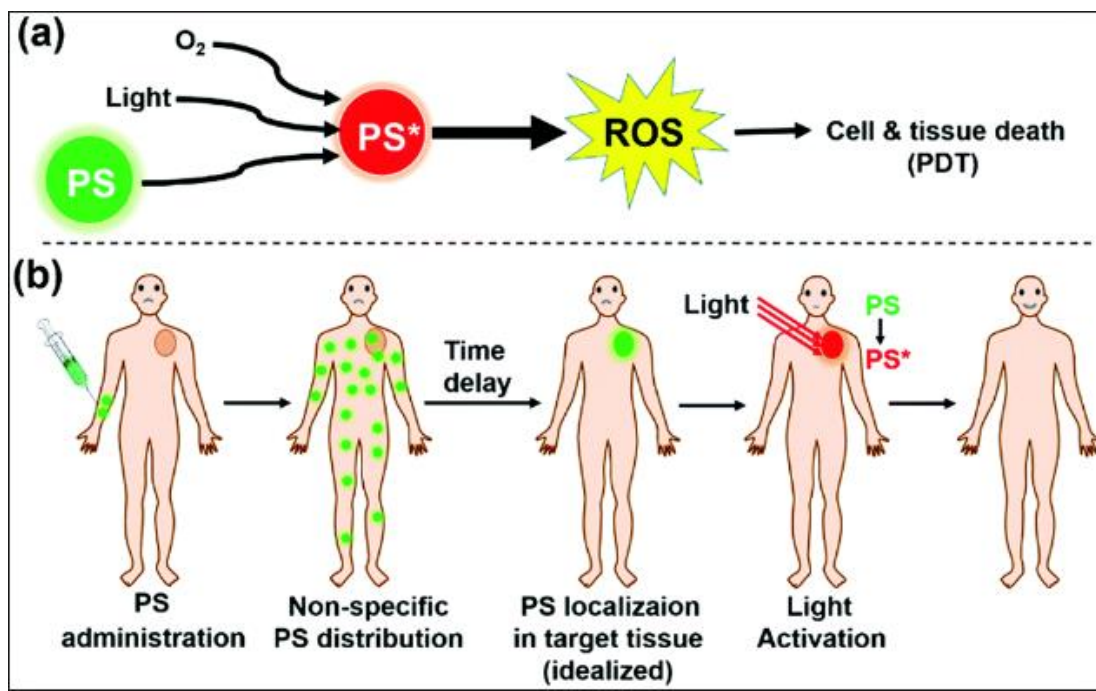
B. Brożek-Pluska*, I. Szymczyk, H. Abramczyk

Technical University of Łódź, Institute of Applied Radiation Chemistry Laboratory of Molecular Laser Spectroscopy, Wroblewskiego 15 street, 93-590 Łódź;

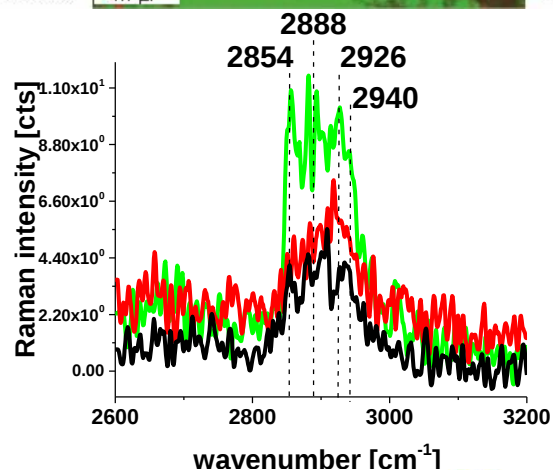
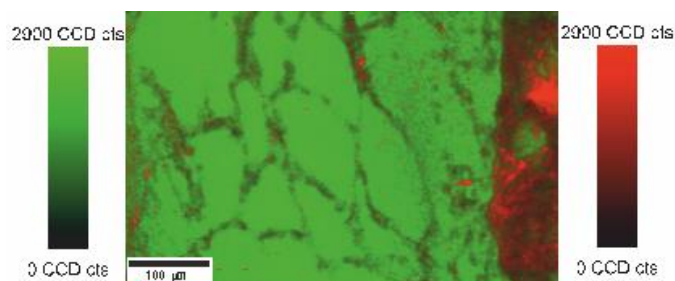
Received 18 October 2004; revised 21 December 2004; accepted 21 December 2004

Available online 3 March 2005

Mechanizm fotochemiczny oddziaływania promieniowania laserowego wykorzystuje się do biostymulacji i w metodzie fotodynamicznej. **Metoda terapii fotodynamicznej (PDT)** polega na selektywnym utlenianiu materiału biologicznego tkanki nowotworowej przez tlen singletowy lub formy rodnikowe. Pozwala, najogólniej mówiąc, na wybiórcze niszczenie tkanek nowotworowych, chroniąc jednocześnie tkanki zdrowe. Metoda ta jest stosowana w leczeniu nowotworów skóry, dróg moczowo – płciowych, płuc, przełyku, języka, gardła, jelit, pęcherza moczowego.



Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego zawierających ftalocyjaniny



Analyst

PAPER

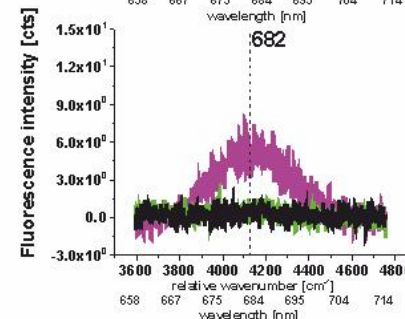
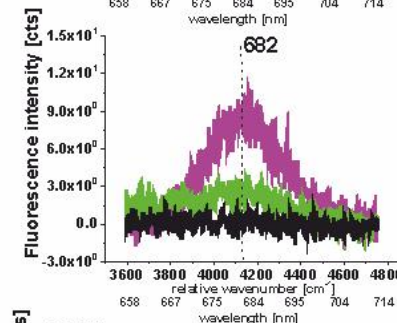
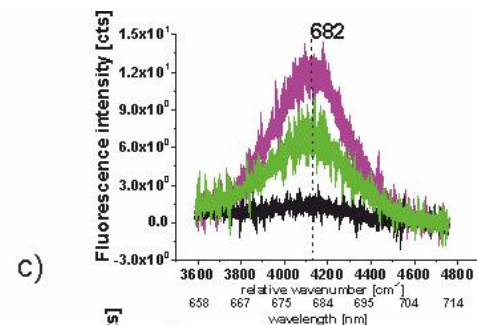
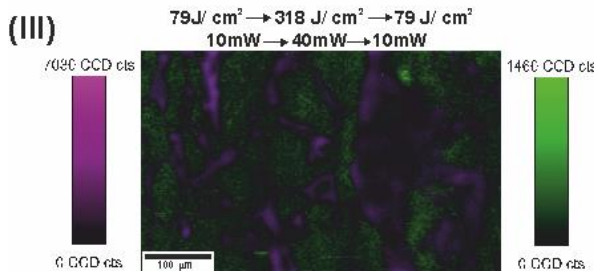
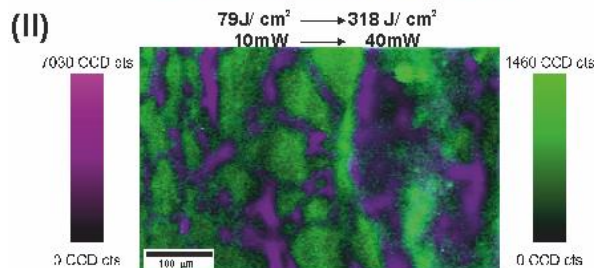
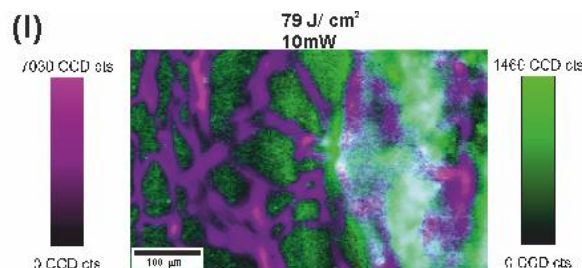
View Article Online
View Journal | View Issue



Cite this: Analyst, 2024, 139, 5547

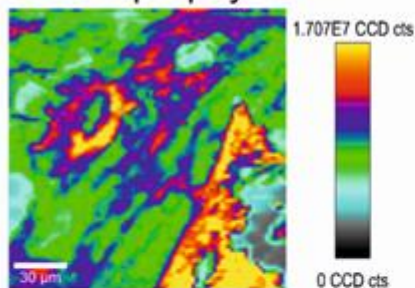
Oncologic photodynamic diagnosis and therapy: confocal Raman/fluorescence imaging of metal phthalocyanines in human breast cancer tissue *in vitro*

Halina Abramczyk,* Beata Brozek-Pluska,* Jakub Surmacki,* Jacek Musiał* and Radziław Kordek*

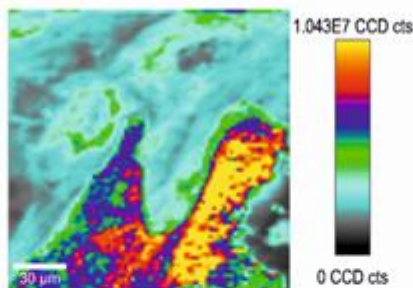


Obrazowanie Ramana tkanek ludzkiego gruczołu piersiowego zawierających porfiryny

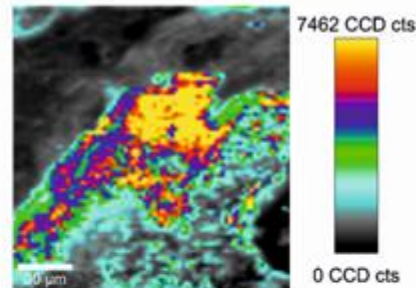
a) hematoporphyrin



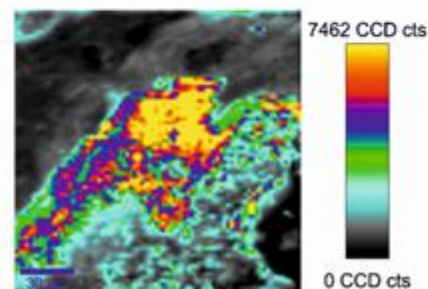
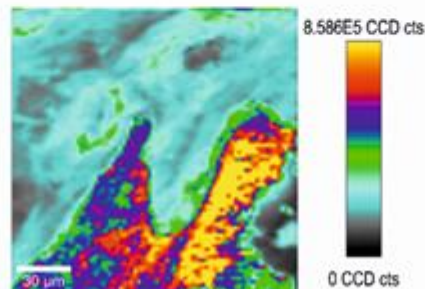
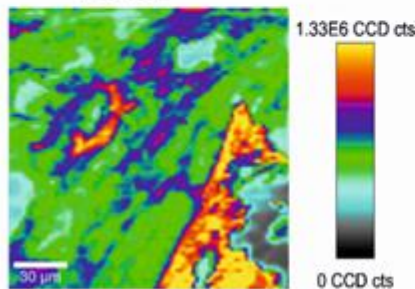
dose I



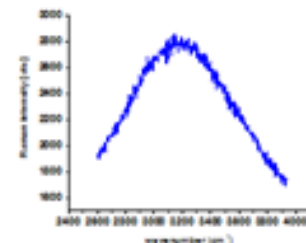
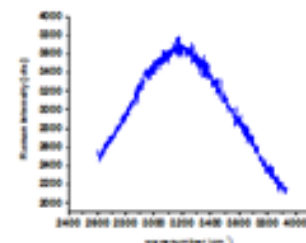
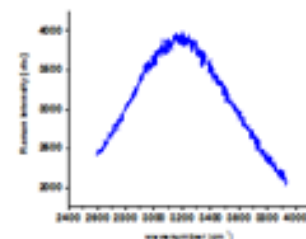
dose II



dose III



b) lipids/proteins



B. Brozek-Pluska, M.Kopec

Raman microspectroscopy of Hematoporphyrins. Imaging of the noncancerous and the cancerous human breast tissues with photosensitizers.

Spectrochimica Acta Part A, 2016 submmited

Obrazowanie Ramana



Obrazowanie Ramana

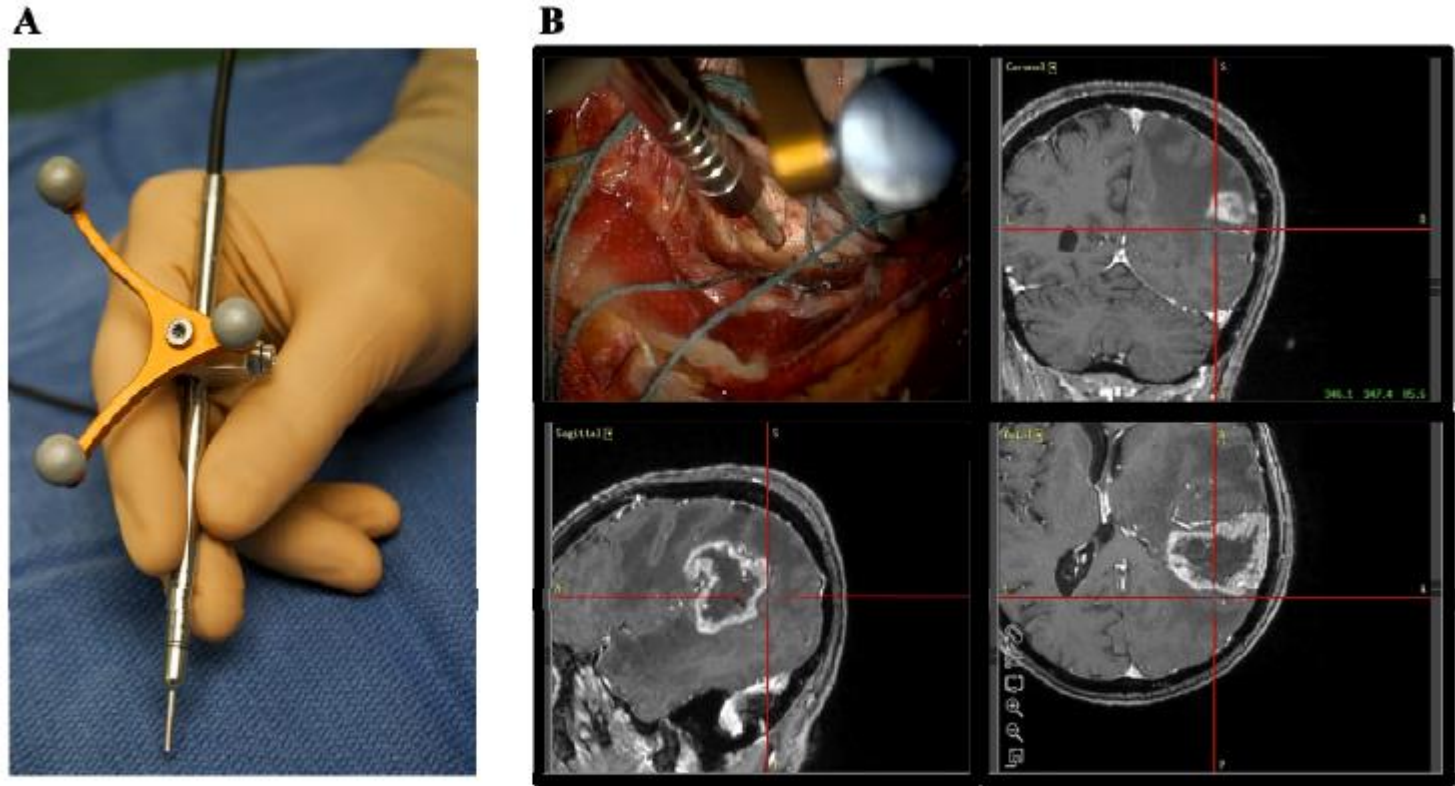
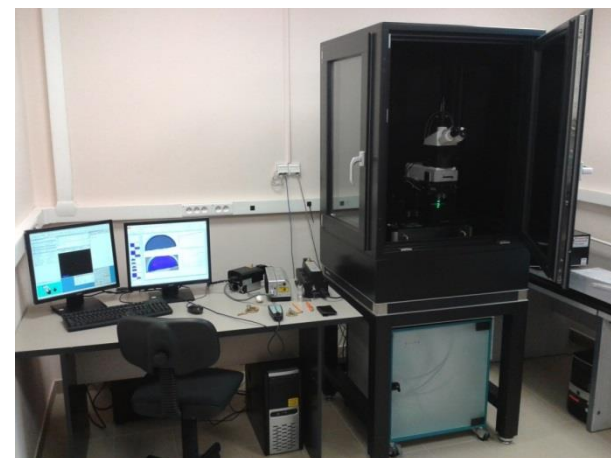
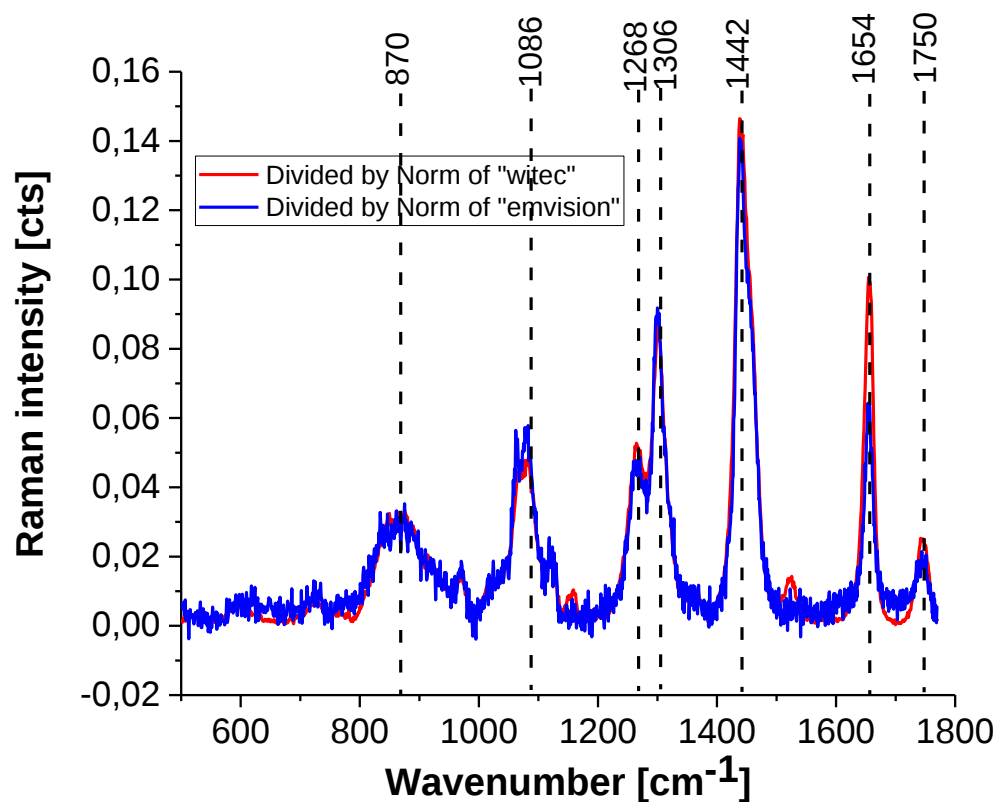
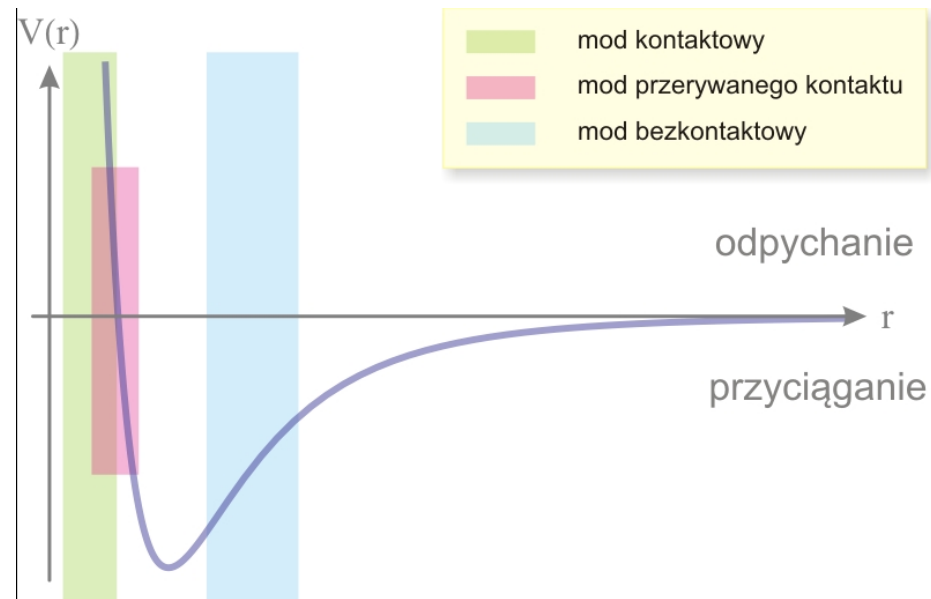
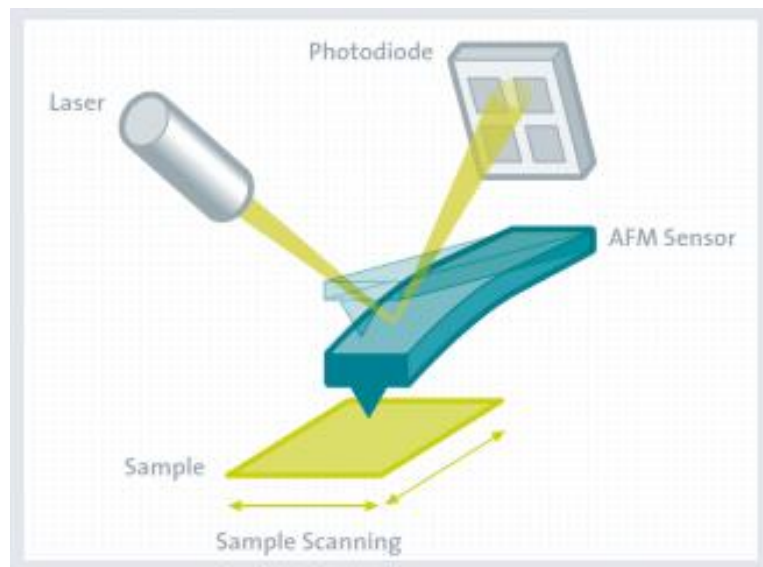


Fig. 1. Raman spectroscopy system for intraoperative detection (A) Photograph of the hand-held contact probe, with the attached neuronavigation tracking unit. (B) Illustration of the probe being used intraoperatively, with the neuronavigation system showing the location of the tip of the probe (cross hairs) on the preoperative MR images.

Obrazowanie Ramana

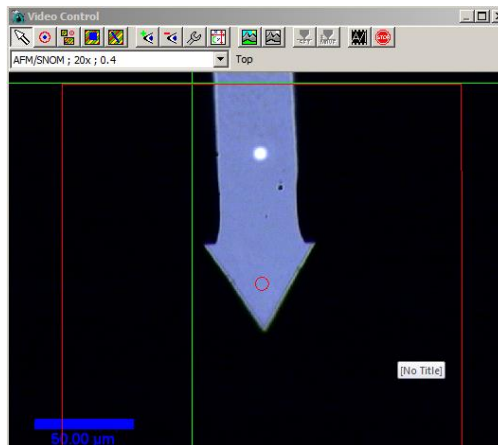


AFM



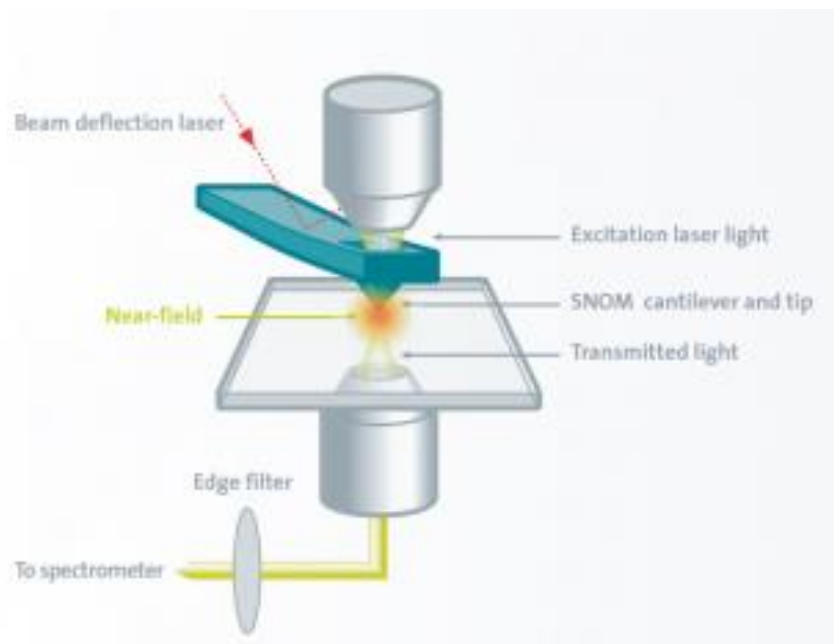
<http://www.witec.de/techniques/afm>

Tryb kontaktowy
Tryb bezkontaktowy
Tryb kontaktu przerywanego



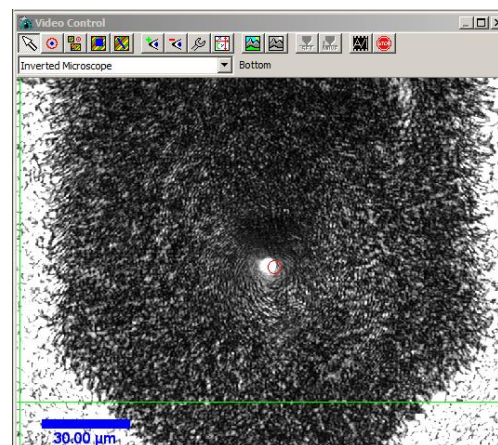
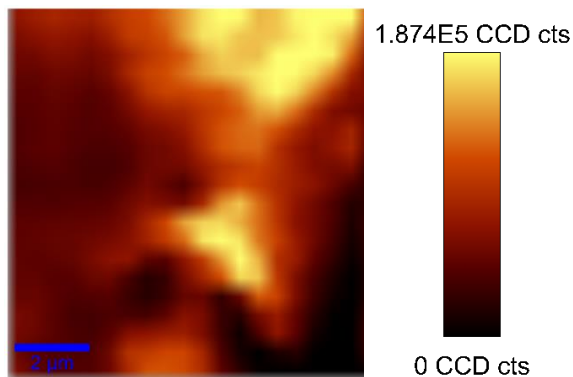
Strefy potencjału Lennarda-Jonesa wykorzystywanego przez podstawowe tryby pracy AFM-u

SNOM- scanning optical near field microscopy

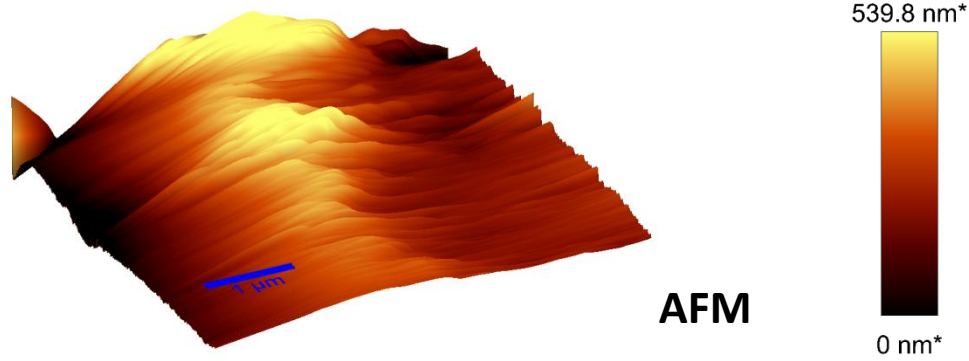
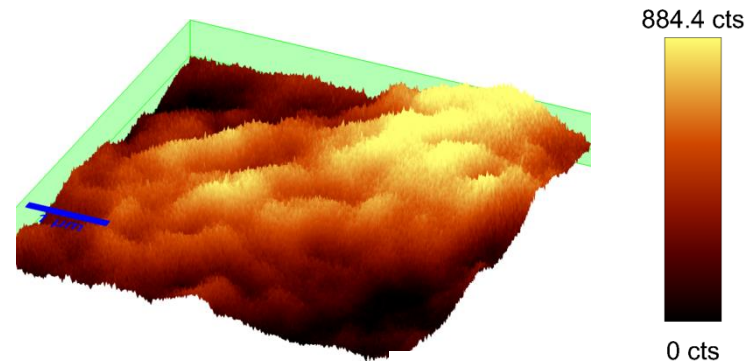


<http://www.witec.de/techniques/afm>

Raman

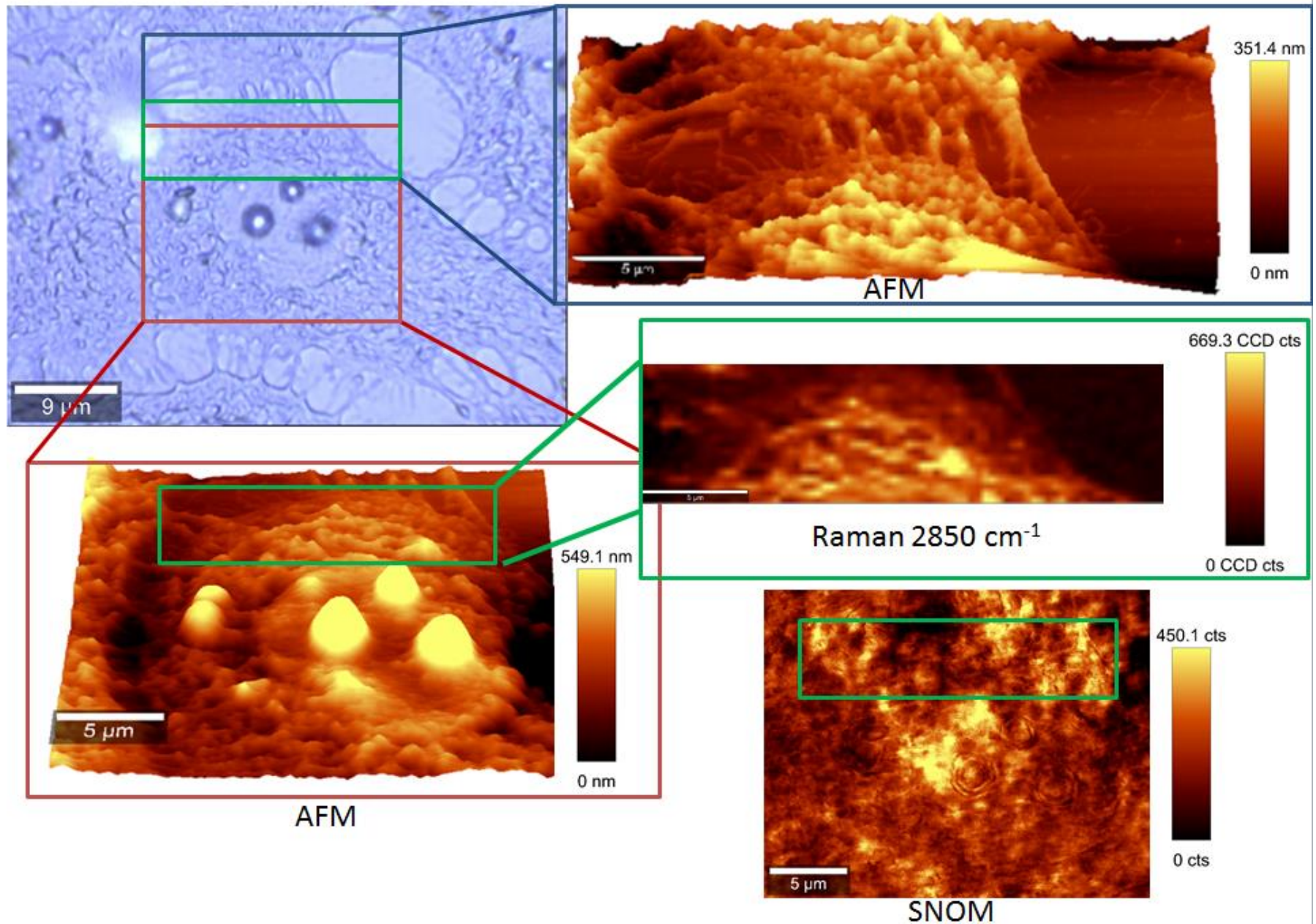


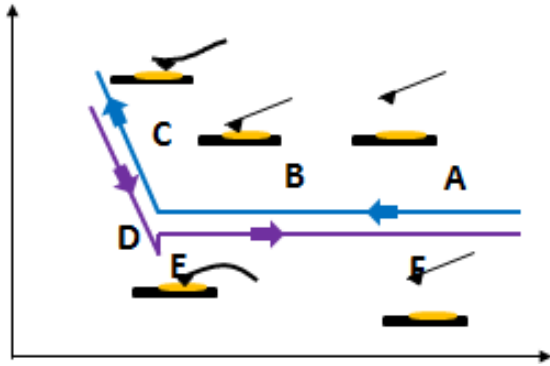
SNOM



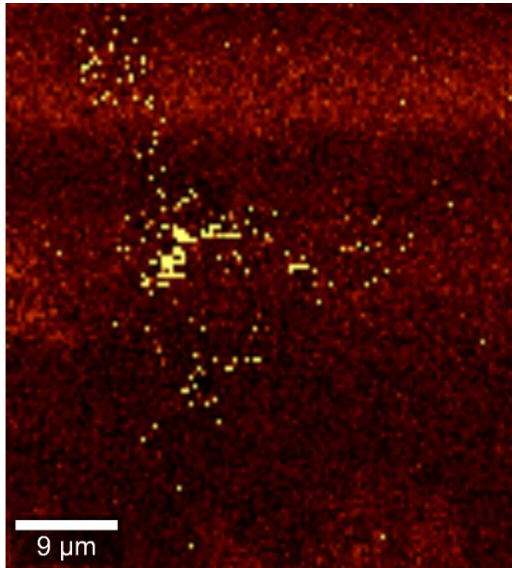
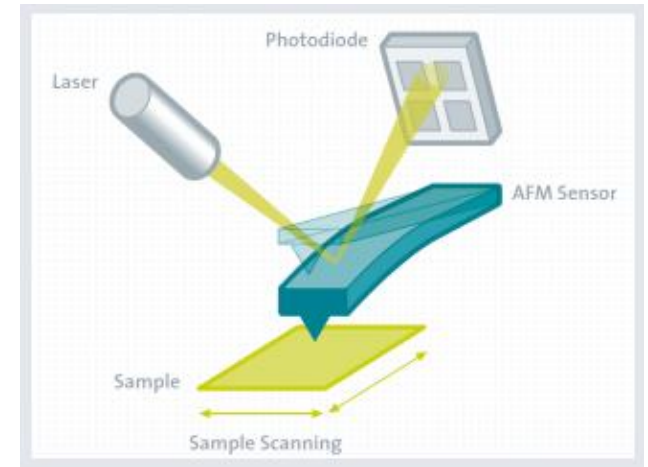
AFM

Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych

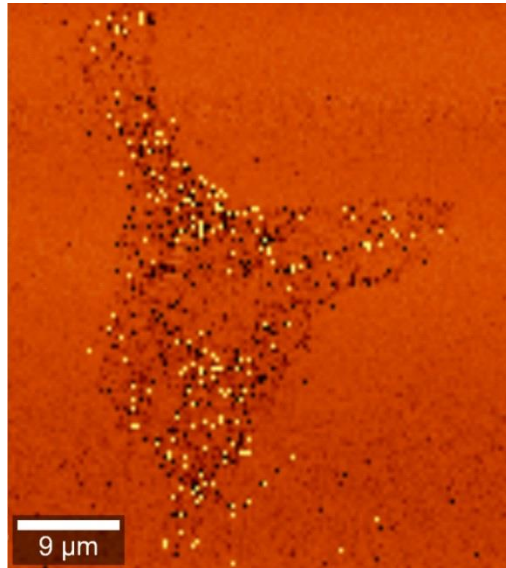




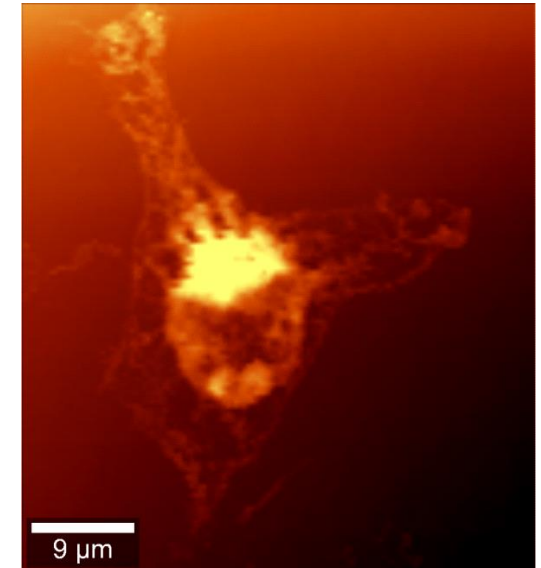
AFM



adhezja

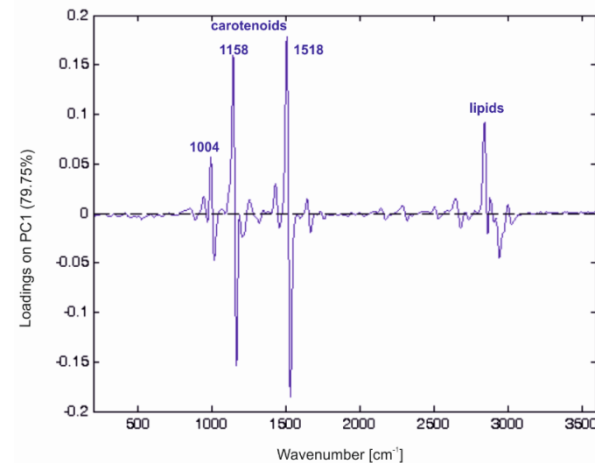
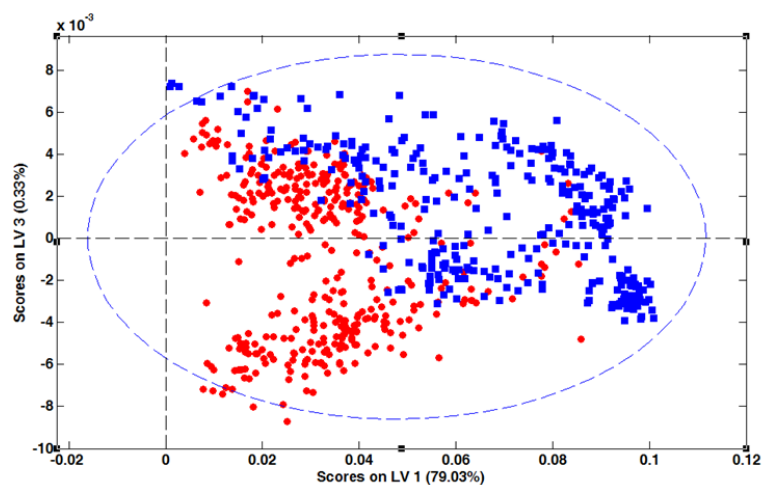
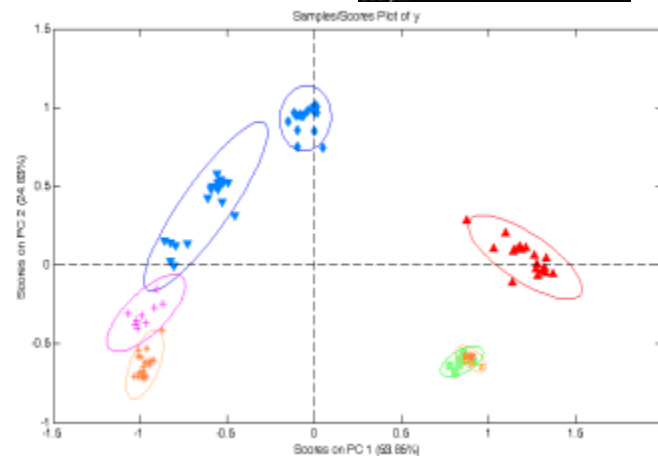
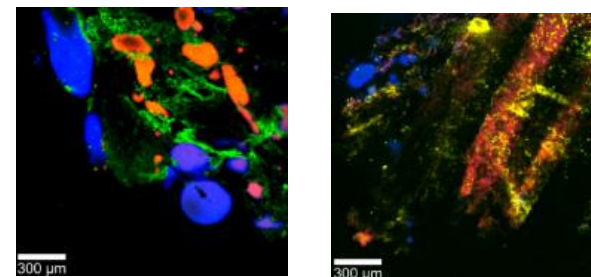
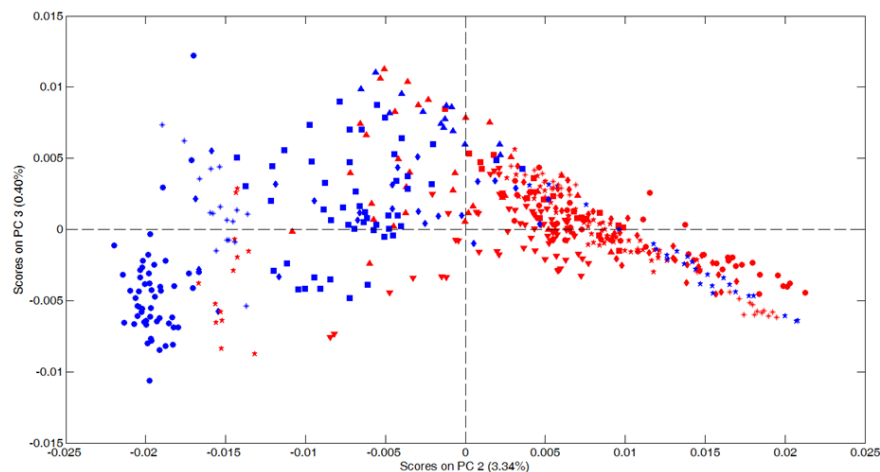


sztywność



topografia

Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych



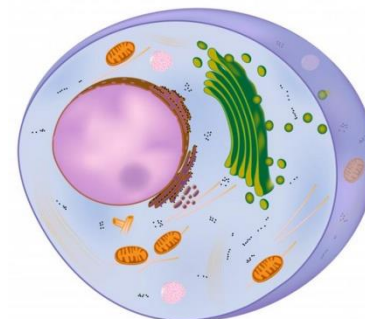
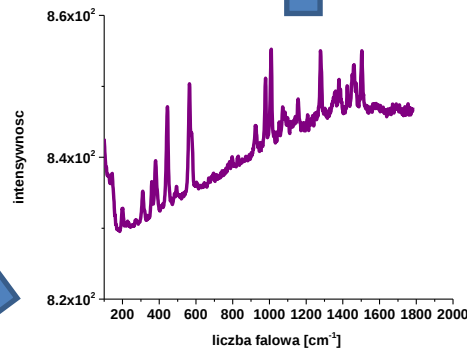
Spektroskopia i obrazowania Ramana w analizie chemicznej układów biologicznych



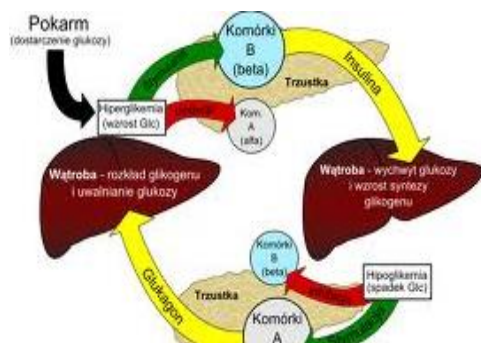
farmaceutyków



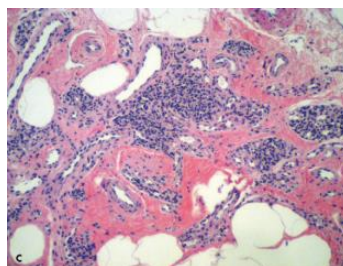
barwników



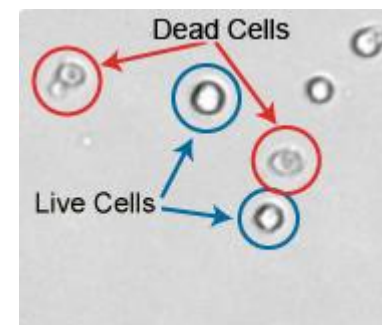
budowy komórek



metabolizmu



transformacji
nowotworowych



żywołności komórek