



P o l i t e c h n i k a ł ó d z k a  
**Instytut Elektroniki**

**RAPORT Z  
REALIZACJI PROJEKTU POLONIUM  
2002  
3541/R02**

**Analiza tekstury obrazów rezonansu magnetycznego dla  
celów kontroli jakości sera**

dr Michał Strzelecki

**realizatorzy:**



dr Michał Strzelecki  
prof. dr hab. Andrzej Materka  
Instytut Elektroniki  
Politechnika Łódzka  
ul. Stefanowskiego 18  
90-924 Łódź



Guyline Collewet  
François Mariette, PhD  
Cemagref  
Division TERE  
17 avenue de Cucillé  
35044 Rennes Cédex

## Cele naukowe projektu

Projekt był realizowany wspólnie z Research Unit on Agro Industry Equipment, Cemagref, instytucją prowadzącą badania z zakresu rolnictwa i inżynierii żywności. Celem projektu jest opracowanie nowych metod analizy obrazów, przydatnych do nieinwazyjnego badania jakości produktów spożywczych, ze szczególnym uwzględnieniem metod analizy tekstury obrazów rezonansu magnetycznego (MRI). W szczególności w pierwszej części projektu badano, czy parametry tekstury obrazu serów miękkich odwzorowują proces dojrzewania tych serów i czy mogą być wykorzystane do klasyfikacji obrazów MRI serów w zależności od okresu dojrzewania. Po potwierdzeniu tego faktu (raport z realizacji projektu Polonium w roku 2001) badano wpływ normalizacji obrazów MRI oraz stosowanych protokołów akwizycji na skuteczność klasyfikacji.

## Terminarz współpracy – odbyte wyjazdy i przyjazdy gości z zagranicy

**18-22 kwiecień 2001** – wyjazd dr Michała Strzeleckiego do CEMAGREF, Rennes, Francja, (5 dni), zapoznanie się z aparaturą i bazą danych obrazowych, ustalenie szczegółowego planu analizy obrazów;

**3-7 październik 2001** – przyjazd Guylaine Collewet i dr François Mariette do Instytutu Elektroniki (5 dni), zapoznanie się z pierwszymi wynikami analiz, przekazanie pozostałych zarejestrowanych obrazów.

**10-14 kwiecień 2002** - wyjazd dr Michała Strzeleckiego do CEMAGREF, Rennes, Francja, (5 dni), dyskusja otrzymanych rezultatów analiz, przygotowanie referatów konferencyjnych, zaplanowanie dalszych prac dotyczących wpływu procedur normalizacji obrazów i protokołów MR na klasyfikację tekstur serów.

**15-18 październik 2002** – przyjazd Guylaine Collewet i dr François Mariette do Instytutu Elektroniki (4 dni), dyskusja otrzymanych rezultatów analiz, rozpoczęcie prac na artykulem do czasopisma Magnetic Resonance Imaging.

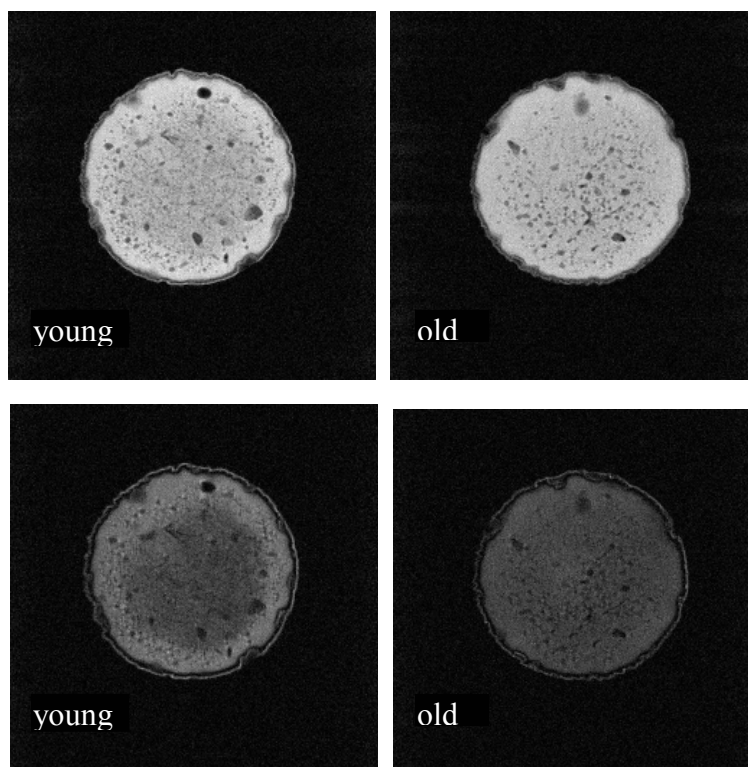
**12-15 grudzień 2002** - wyjazd dr Michała Strzeleckiego do CEMAGREF, Rennes, Francja, (5 dni), podsumowanie wyników projektu, przygotowanie raportu końcowego

## Efekty naukowe ze współpracy

Głównym efektem współpracy jest opracowanie metody analizy obrazów MRI przekrojów serów miękkich. Metoda ta pozwala na klasyfikację serów ze względu na ich czas dojrzewania na podstawie oceny zmian, jakie zachodzą w obrazach ich tekstury. Ocena procesu dojrzewania serów ma duże znaczenie w przemyśle serowarskim. Zaletą opracowanej metody jest jej nieinwazyjność.

Przykładowe analizowane obrazy MRI pokazano na rys. 1. Akwizycji dokonano dla następujących protokołów MRI

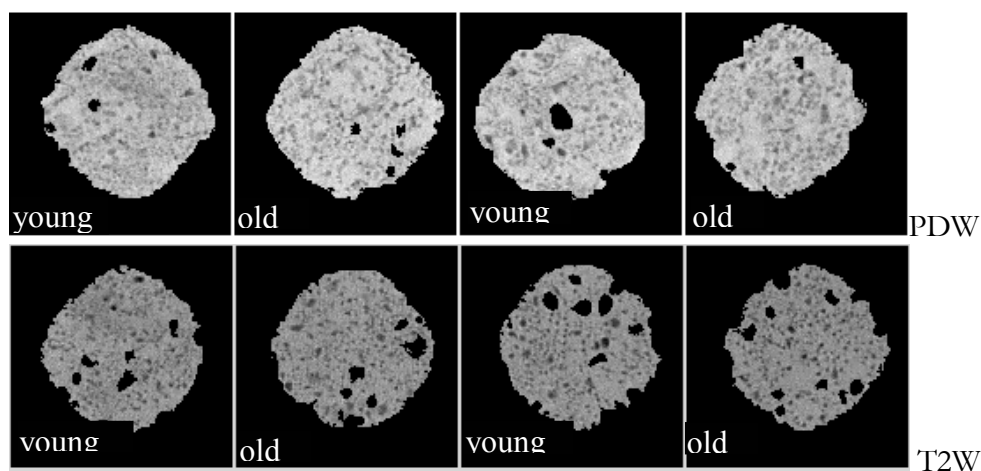
1. Proton density weighted spinecho sequence (PDW),
2. T2 density weighted spinecho sequence (T2W).



Rys. 1. Przykładowe obrazy MRI przekrojów serów dojrzalnych (old) i niedojrzalnych (young) dla protokołu PDW (górny rząd) oraz protokołu T2W (dolny rząd)

Ze względu na zmiany, jakie mogą zachodzić w sygnale tomografu MR, co ma wpływ na rozkład poziomów jasności rejestrowanych obrazów, wykonano analizy dla trzech rodzajów normalizacji obrazów oraz obrazów nieznormalizowanych (schemat S1). Przetestowano następujące rodzaje normalizacji:

1. zaobserwowano, że podczas rejestracji obrazu występują zmiany wzmocnienia sygnału RF rejestrowanego przez cewkę odbiorczą tomografu. Zmiany te mają odzworowanie w zmianach kontrastu rejestrowanych obrazów. W celu korekty tego zjawiska poziomy jasności rejestrowanych obrazów zostały znormalizowane do jednakowej wartości maksymalnej jasności zaobserwowanej podczas akwizycji (schemat normalizacji S2);



Rys. 2. Przykładowe ROI obrazów MRI serów dojrzalnych (old) i niedojrzalnych (young) dla protokołu PDW (górny rząd) oraz protokołu T2W (dolny rząd)

2. w drugim zastosowanym schemacie normalizacji jasności obrazów zostały znormalizowane do jednakowej jasności średniej zaobserwowanej podczas akwizycji (schemat S3);
3. dla każdego obszaru zainteresowania (ROI) wyznaczono wartość średnią i odchylenie standardowe poziomów jasności ( $\sigma$ ). W dalszej analizie uwzględniono przedział  $\pm 3$  wartości odchylenia standardowego  $\sigma$  w stosunku do wartości średniej. Jasności występujące poza tym przedziałem zostały sprowadzone do jasności z krańców przedziału. Następnie przedział ten skwantowano zgodnie z przyjętą liczbą bitów na punkt obrazu (normalizacja  $\pm 3\sigma$ , schemat S4).

Opracowana metoda analizy składała się z następujących etapów:

1. Detekcja obszarów zainteresowania (ROI). Dla każdego obrazu sera dokonano automatycznej detekcji ROI zawierającego wnętrze sera. Z ROI usunięto czarne plamy, odpowiadające obecności pęcherzyków powietrza powstałych w procesie dojrzewania sera. Do detekcji ROI i usuwania plam wykorzystano procedury morfologii matematycznej oraz analizę histogramu poziomów jasności ROI. Przykładowe uzyskane ROI pokazano na rys. 2.
2. Dla każdego ROI wyznaczono zestaw cech statystycznych opisujących tekstury sera. Wyznaczono następujące cechy: 220 parametrów na podstawie macierzy zdarzeń, 20 parametrów na podstawie macierzy Run Length, 5 parametrów na podstawie macierzy gradientu, 5 parametrów na podstawie modelu autoregresji oraz 16 parametrów na obliczonych na podstawie transformacji falkowej. Wszystkie parametry zostały wyznaczone z wykorzystaniem programu MaZda, opracowanego w Instytucie Elektroniki Politechniki Łódzkiej przeznaczonego do analizy tekstur (<http://www.eletel.p.lodz.pl/cost/oprogramowanie.html>). Łącznie wyznaczono 266 parametrów opisujących analizowane tekstury.
3. Selekcja parametrów najlepiej dyskryminujących analizowane tekstury. Ze względu na dużą liczbę parametrów tekstur dokonano ich selekcji w celu wyboru zestawu cech najlepiej dyskryminujących badane tekstury. Wykorzystano metodę minimalizacji błędu klasyfikacji wraz z uśrednionym współczynnikiem korelacji, która zapewnia zestaw cech o niskim wzajemnym współczynniku korelacji.
4. Klasyfikacja tekstur serów z wykorzystaniem klasyfikatora najbliższego sąsiedztwa (ang. *nearest neighbour*, 1-NN). Do klasyfikacji wykorzystano program b11 stanowiący część pakietu MaZda.

Przykładowe wyniki klasyfikacji pokazano w tabeli 1. Pokazują one, że najlepszą klasyfikację serów na podstawie ich tekstury uzyskano dla normalizacji  $\pm 3\sigma$  (schemat S4). Potwierdza to rys. 3 pokazujący rozkład cech tekstur analizowanych obrazów. W przypadku normalizacji S4 wartości cechy obydwu klas tworzą rozłączne klastry umożliwiające poprawną klasyfikację serów dojrzałych i niedojrzałych. Otrzymane wyniki badań wskazują na konieczność stosowania normalizacji obrazów (następuje redukcja liczby źle sklasyfikowanych próbek). Protokół akwizycji T2W okazał się lepszy niż PDW, zapewniając zerowy błąd klasyfikacji.

Tabela 1. Błędy klasyfikacji z wykorzystaniem klasyfikatora 1-NN dla różnych schematów normalizacji i protokołów akwizycji MR. W tabeli podano liczbę próbek błędnie sklasyfikowanych. Analizowany zbiór liczył 32 próbki.

Protokół akwizycji MR	Schemat normalizacji	Błąd klasyfikacji (liczba próbek)
PDW	S1	4 [12.50%]
	S2	1 [3.13%]
	S3	4 [12.50%]
	S4	0 [0.00%]
T2W	S1	2 [6.25%]
	S2	2 [6.25%]
	S3	0 [0.00%]
	S4	0 [0.00%]

## Publikacje i udział w konferencjach w ramach projektu

Realizatorzy projektu wzięli udział w następujących konferencjach:

1. ESMRMB 2002, 19 Annual Meeting, 1 August 2002, Cannes, Francja (G.Collewet), streszczenie wystąpienia opublikowane w materiałach konferencji:

G.Collewet, M.Strzelecki, F.Mariette, S.Quellec: *Influence of MRI acquisition protocol on classification of cheese image texture*, Magnetic Resonance Materials in Physics, vol. 15, 1 August 2002, Book of Abstracts of ESMRMB 2002 19 Annual Meeting, (abstract), pp. 224-225.

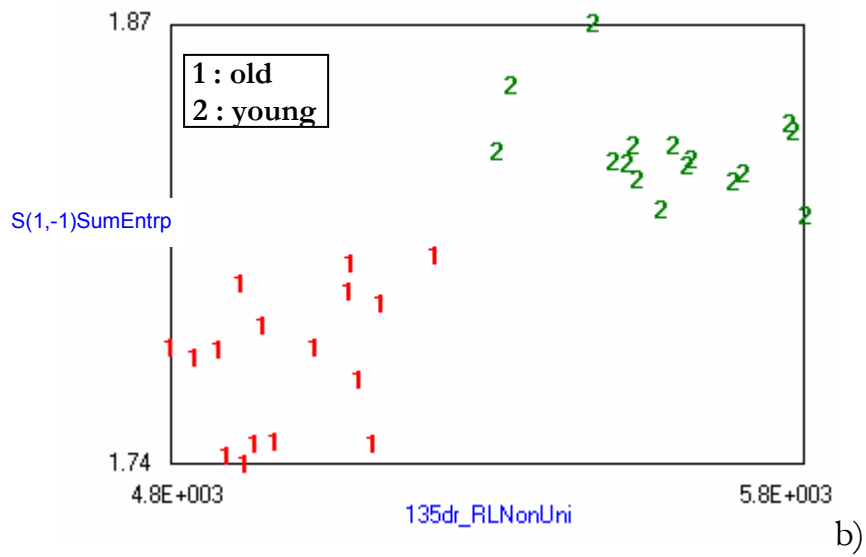
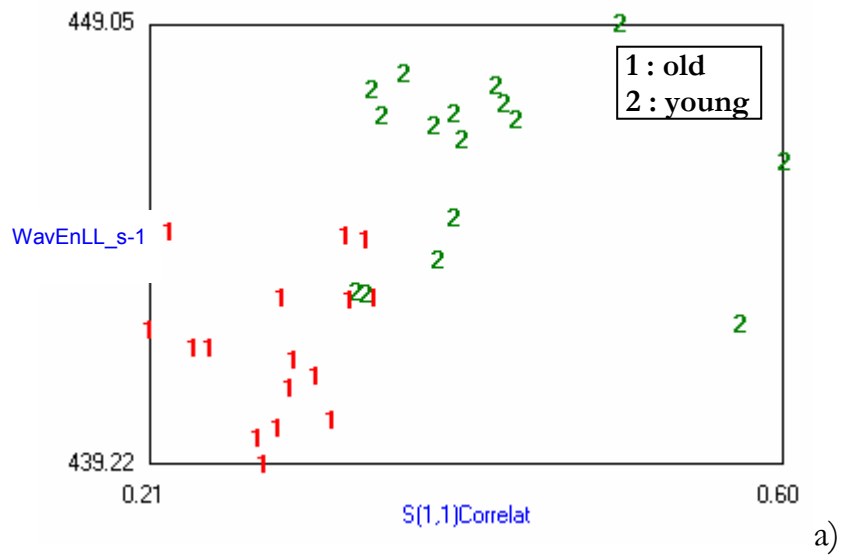
2. EuroConference Modern Analytical Methods for Food and Beverage Authentication, 29–31 August 2002, Lednice, Czechy (M. Strzelecki), streszczenie wystąpienia opublikowane w materiałach konferencji:

M. Strzelecki, G.Collewet, F.Mariette, S.Quellec: *Classification of soft cheese image texture for different MR protocols*, Proc. of EuroConference Modern Analytical Methods for Food and Beverage Authentication, 29–31. 8. 2002, Lednice (abstract), pp. 33-34

Końcowe rezultaty projektu zostały opisane w artykule: G. Collewet, M. Strzelecki, F. Mariette “Influence of MRI acquisition protocols and image grey level normalization methods on texture classification”, nadesłanym do międzynarodowego czasopisma Magnetic Resonance Imaging.

## Uzyskane perspektywy współpracy na płaszczyźnie europejskiej

Doświadczenia uzyskane podczas wykonywania projektu, związane z analizą obrazów tekstur pochodzących z tomografu rezonansu magnetycznego będą przydatne przy realizacji nowego projektu europejskiego COST „Physiological Modelling of MR image formation” (rozpoczęcie projektu w drugiej połowie 2003 roku), w którym Instytut Elektroniki PŁ będzie partycypował jako jeden z partnerów.



Rys. 3. Rozkład cech dla schematu normalizacji S2 (a) oraz S4 (b) przy zastosowaniu protokołu akwizycji PDW.