

# DESIGN AND REALIZATION OF ELEKTRIC MEASUREMENTS ON BIOLOGICAL TISSUES

**Lucie Kocová**

Master Degree Programme (5), FEEC VUT

E-mail: xkocov00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Tománek

E-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This work is focusing on the electrical properties of biological tissues and meat in particular. From the electrical point of view, meat can be simply expressed by the field of elongated conductive cells which are separated by the insulating membrane from each other. We have used a two-electrode method that is advantageous for us. The objective of this work was the observation of impedance changes vs. frequency in function of meat aging.

**Keywords:** Biological tissue, electric properties of tissue, impedance

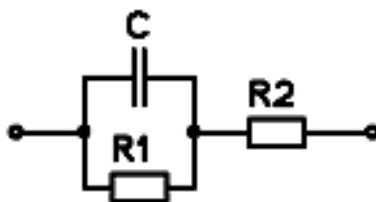
## 1. ÚVOD

Kvalita potravin, zejména masa a masných výrobků, je dnes velice diskutovaným tématem. S průmyslovou výrobou potravin se zvyšují nároky na kvalitu i na kontrolu a měření jejich vlastností. Maso, jako jedna ze základních potravin obyvatel rozvinutých zemí, je díky svému charakteru velmi náchylné k degradaci v důsledku skladování. Proto se klade stále větší důraz na kontrolu jeho kvality. Tato práce je zaměřena na elektrické vlastnosti biologických tkání, zvláště tedy masa. Elektrické vlastnosti biologických tkání byly předmětem zájmu více než století. Znalost těchto elektrických vlastností vede k pochopení základních biologických procesů spojených se stárnutím masa.

## 2. ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI TKÁNÍ

Elektrické vlastnosti tkání závisejí na fyzikálních a chemických parametrech, které určují koncentraci a pohyblivost iontů v rámci metabolických tekutin. Z elektrického hlediska může být maso jednoduše nahrazeno polem protáhlých vodivých buněk izolovaných od sebe izolační membránou. Existují dvě základní elektrické vlastnosti biologických tkání, a to elektrická vodivost a elektrická permitivita. Obě tyto vlastnosti jsou velice důležité při zpracování potravin elektrickým proudem nebo při určování kvality potravin, [1,2].

Biologické tkáně, hlavně maso, jsou silně nehomogenní a anizotropní, tj. jejich impedance se mění s velikostí proudu protékajícího podélně nebo příčně svalovým vláknem. Strukturální změny masa, které nastávají během zrání před tuhnutím a po tuhnutí rozpadem bílkovin, neovlivňují jenom mechanické, ale také elektrické a dielektrické vlastnosti masa [1].

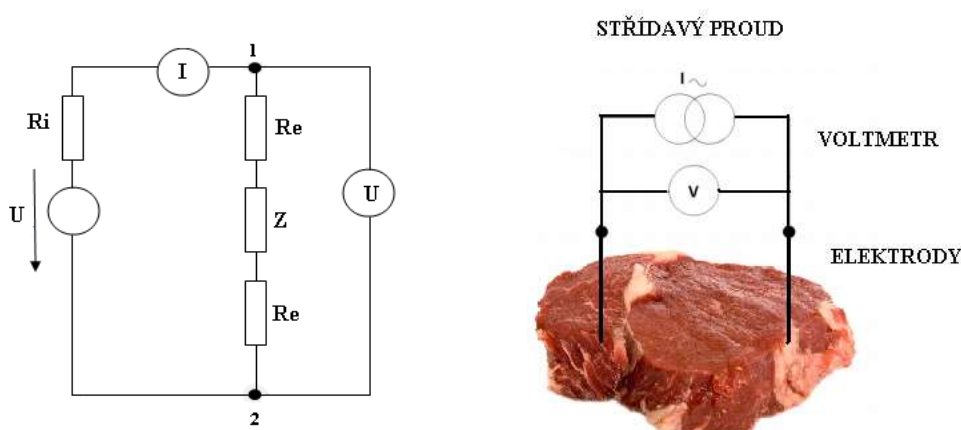


**Obrázek 1:** Model elektrické impedance tkáně

Elektrická impedance  $Z = U/I$  je vlastnost materiálu, která brání toku proudu. Je to odpor, který materiál klade střídavému proudu. Model elektrické impedance (obr. 1) lze popsat jako paralelní zapojení rezistoru  $R_1$  s kapacitorem  $C$  a do série k nim je zapojen rezistor  $R_2$ . V tomto modelu kapacitor  $C$  modeluje celkovou kapacitu ve tkáni a to především kapacitu buněčných membrán, nebo také kapacitu plošných vazivových struktur. Rezistor  $R_1$  modeluje elektrickou vodivost tělesných tekutin (především extracelulární). Rezistor  $R_2$  odpovídá především kožnímu odporu (a z části tělesné tekutiny). [3]

### 3. ZPŮSOBY MĚŘENÍ IMPEDANČNÍCH PARAMETRŮ

Dvě nerezové elektrody slouží k vybuzení elektrického proudu  $I$  v obvodu a ve vzorku masa a k měření napětí  $V$  mezi těmito dvěma elektrodami. Při této metodě tedy měříme v sérii s měřenou impedancí poměrně špatně definovatelné přechodové odpory, jejichž velikost silně závisí na kvalitě připojení elektrod ke tkáni (obr. 2).

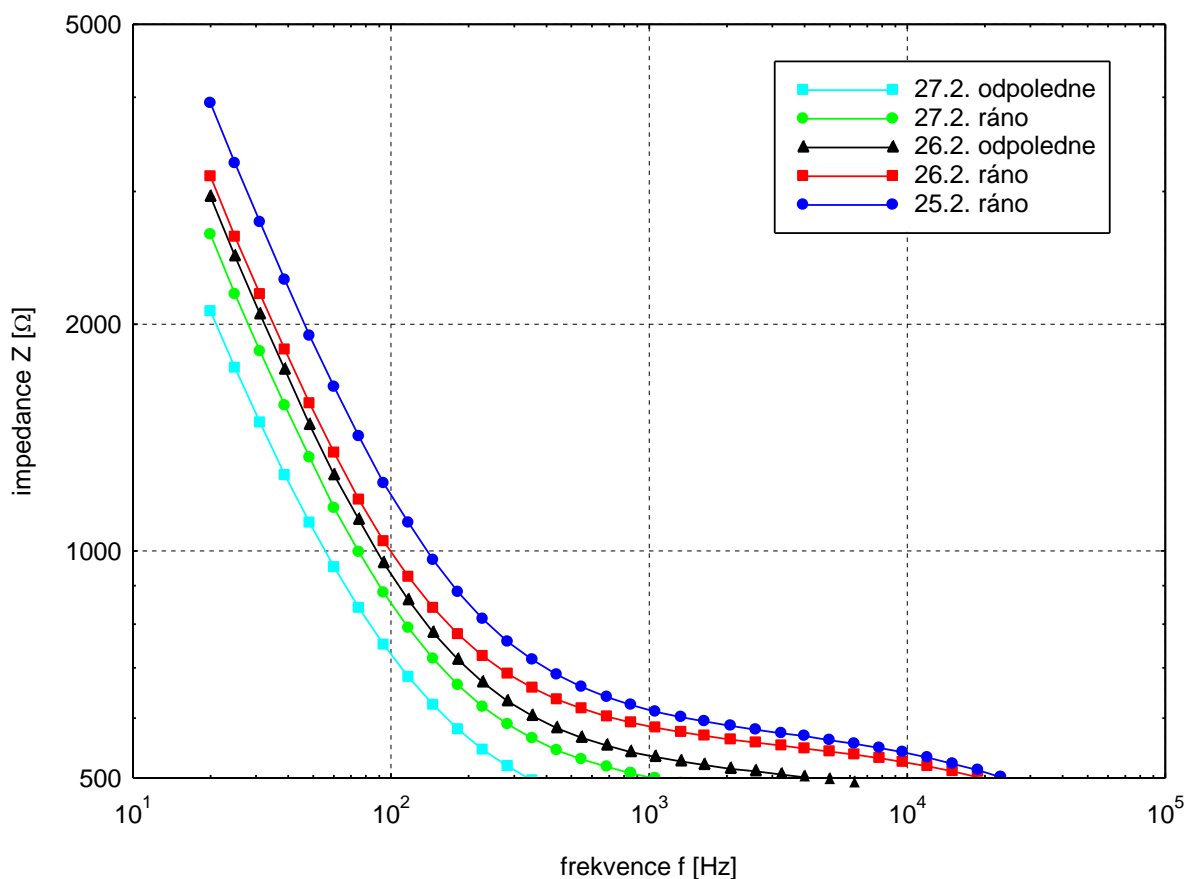


**Obrázek 2:** Měření pomocí dvouelektrodové metody.

Cílem našeho měření bylo pozorování změny impedance na kmitočtu elektrického signálu při postupném stárnutí kuřecího masa po dobu 48 hodin v 12hodinovém intervalu.

Počáteční měření začalo jeden den po porážce kuřat, abychom se maximálně přiblížili normálním podmínkám prodeje chlazené drůbeže. Z kuřecích prsíček byla odstraněna kůže a byly z nich nařezány plátky o tloušťce 1 cm tak, aby orientace vláken byla rovnoběžná nebo kolmá k měřicím elektrodám z nerezového drátku o průměru 0,5 mm. Elektrody byly zapíchnuty do masa v různých hloubkách (2mm a 6 mm) a byly od sebe vzdáleny 3 cm. Vzorky masa byly mezi měřeními, které byly prováděny při pokojové teplotě 23°C, uloženy v chladničce ( $t = 5^{\circ}\text{C}$ ). Měření bylo provedeno impedančním analyzátozem HP 4284A a použitím dvou vodičového měřicího adaptéru Agilent 16089C.

Pomocí programu v Matlabu zaznamenával impedanční analyzátor naměřené hodnoty přímo do Excelu. Obrázek 3 reprezentuje závislost impedance na kmitočtu. Z obr. 3 je patrné, že k největším časovým změnám impedance dochází při nízkých kmitočtech do 1 kHz. Z obr. 3 je také patrné, že po 48 hodinách uchovávání masa v chladničce začíná docházet k degradaci masa a poklesu jeho impedance.



**Obrázek 3:** Graf časové závislosti impedance na kmitočtu zdroje

#### 4. ZÁVĚR

Cílem práce bylo posoudit, jak se mění závislost impedance dielektrického vzorku (kuřecího masa) na kmitočtu použitého elektrického signálu v průběhu optimálního stárnutí či zrání masa. Během ztuhnutí masa dochází k rozkladu proteinů, které vytvářejí strukturální trhliny. Tyto modifikace vedou ke snížení elektrické anizotropie masa a ke zmenšující se rezistenci svalových vláken.

V této práci bylo zatím zjištěno, že impedance vzorku klesá s dobou stárnutí masa a tento pokles je nejmarkantnější při nízkých kmitočtech do 1 kHz. Při vyšších kmitočtech dosahují závislosti velmi blízkých, statisticky nevýznamných hodnot. Ukazuje se, že měření impedance by mohlo být dobrou a relativně rychlou metodou ke zjišťování zralosti kuřecího masa.

#### LITERATURA

- [1] INGR, I. *Technologie masa*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, 273 s. ISBN 80-7157-193-8.
- [2] VRÁNA, V., *Elektrické vlastnosti organismů*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1974
- [3] MIKLAVIČ, D., N. PAVŠELJ a F.X. HART. Electric properties of tissues. *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*, 2006, ISBN: 978-0-471-74036-0. s. 12. DOI: 10.1002/9780471740360.ebs0403