

ELECTRIC MEASUREMENTS OF BIOLOGICAL TISSUES AGEING

Zdeněk Balík

Master Degree Programme (5), FEEC VUT

E-mail: xbalik00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Tománek

E-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

Abstract: Biological tissues are comprised of various structures such as cells, cell organelles, and various fiber structures. The subject of this research is to study electrical properties of biological tissues and their impedance changes due to degradation. The two-electrode method was used for measurement.

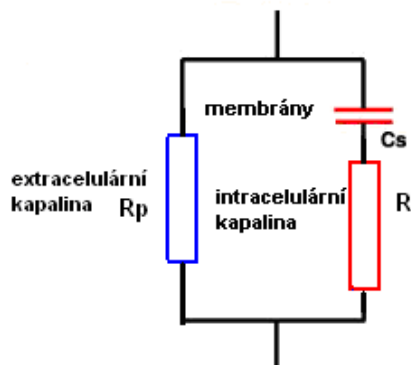
Keywords: Biological tissue, electric properties of tissue, impedance

1. ÚVOD

V současné době se s rostoucí populací světa rapidně zvyšuje poptávka po potravinách. Velkou část této poptávky zaujímá poptávka po masu. Maso je významným zdrojem bílkovin, a proto je kladen velký důraz na jeho kvalitu. Důležitým faktorem, který zkoumáme u masa, je jeho čerstvost, příp. stáří. Technické vlastnosti potravin jsou nezbytné v procesu návrhu a výroby potravinářských výrobků. Můžeme je rozdělit na tepelné, optické, elektrické a mechanické vlastnosti. Většina z těchto vlastností naznačují změny v chemickém složení a struktuře potravin od molekulární až po makroskopickou úroveň. Moderní a konvenční metody umožňují měření a výpočet těchto vlastností, které mohou poskytnout informace o čerstvosti a stavu potravin. Impedanční měření popsané v této práci, by se dalo v praxi využít k určení stáří potravin, které obchodní řetězce často vydávají za „čerstvé“ [1].

2. ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI TKÁNÍ

Elektrické vlastnosti tkání jsou závislé 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 [2,3].

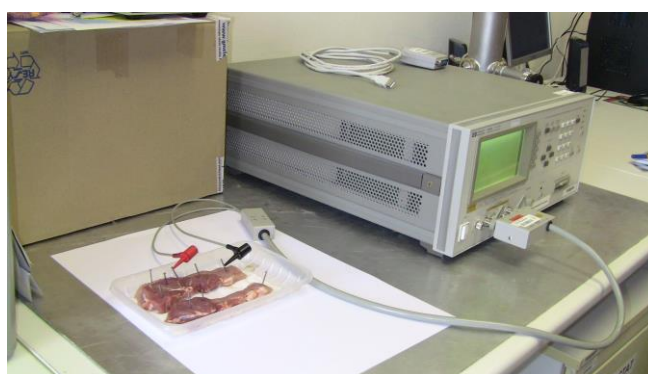
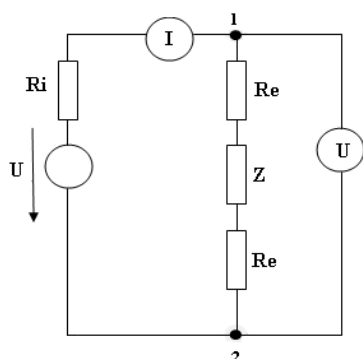


Obrázek 1: Frickeův model elektrické impedance tkáně

Biologické tkáně, hlavně maso, jsou silně nehomogenní a anizotropní, tj. jejich impedance se mění s velikostí proudu protékajícího podélně nebo příčně svalovým vláknem. Elektrická impedance $Z = U/I$ je vlastnost materiálu, která brání toku proudu. Jedná se o odpor, který materiál klade střídavému proudu. Obrázek 1. znázorňuje Frickeův model elektrické impedance. Lze jej popsat jako paralelní zapojení rezistoru R_p s kapacitorem C_s , se kterým je do série zapojen rezistor R . Kapacitor C_s představuje celkovou kapacitu ve tkáni, a to především kapacitu buněčných membrán, nebo také kapacitu plošných vazivových struktur. Rezistor R_p představuje elektrickou vodivost tělesných tekutin (především extracelulární tekutiny). Rezistor R modeluje kožní odpor (a z části intracelulární tělesné tekutiny) [4].

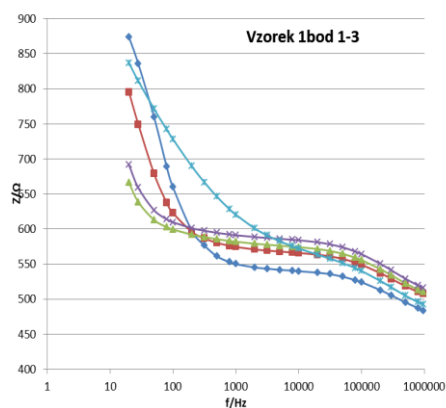
3. ZPŮSOBY MĚŘENÍ IMPEDANČNÍCH PARAMETRŮ

Využívá se dvou elektrod, které slouží k vybuzení elektrického proudu I v obvodu a k měření napětí V mezi těmito elektrodami. Uvedenou metodou měříme sériově impedanci s poměrně špatně definovatelnými přechodovými odpory, jejichž velikost silně závisí na kvalitě připojení elektrod ke tkáni. Na obrázku 2. je vidět schéma dvouelektrodivé metody a měřicí aparatura.

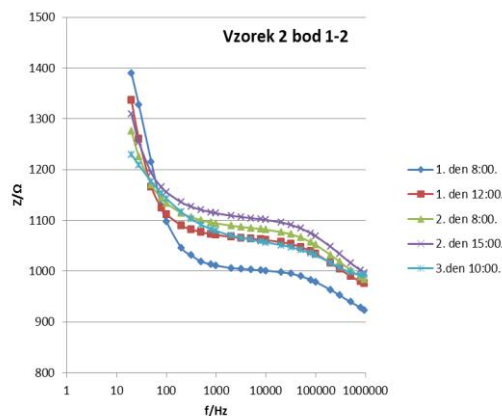


Obrázek 2. Schéma měření pomocí dvouelektrodivé metody a ukázka měřicí aparatury.

Cílem měření bylo pozorování změny impedance při postupné degradaci masa. Pro měření byl použit vzorek vepřového masa. Při experimentu byly využity nerezové drátky jako měřicí elektrody, které byly zapíchnuty do masa v různých vzdálenostech od sebe. Celkem bylo vytvořeno šest měřících bodů ve vzorku 1 a tři měřící body ve vzorku 2. Pomocí programu, vytvořeném v programovém prostředí Matlab bylo měření automatizováno a hodnoty z impedančního analyzátoru se zaznamenávaly do Excelu. Tyto hodnoty pak byly zobrazeny pomocí grafů.

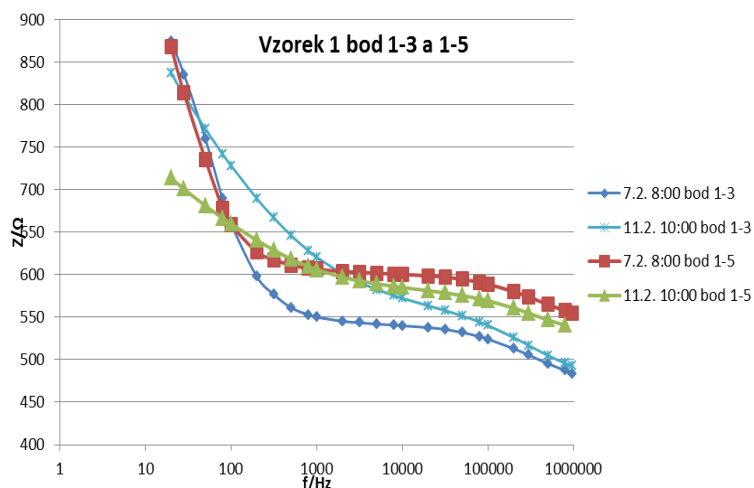


Obrázek 3. Graf závislosti impedance na frekvenci mezi body 1-3 pro vzorek 1.



Obrázek 4. Graf závislosti impedance na frekvenci mezi body 1-2 pro vzorek 2.

Jednotlivá měření se prováděla opakovaně 2x denně během 5 dnů při pokojové teplotě mezi 20-23°C. Vzorky masa byly mezi měřeními ponechány na vzduchu při této teplotě. Chtěli jsme tím docílit rychlejší degradace vzorku. Obrázek 3 reprezentuje závislost impedance na frekvenci prvního vzorku masa, při vzdálenosti elektrod 6 cm. Závislost impedance na frekvenci pro druhý vzorek masa je znázorněn na obrázku 4. Na obrázku 5 je vidět vliv degradace vzorku na změnu impedance při prvním a posledním měření. Pro srovnání je ukázána změna ve dvou různě vzdálených měřících bodech (bod 1-3 vzdálenost 6cm a bod 1-5 vzdálenost 10 cm).



Obrázek 5. Změna impedance u dvou různě vzdálených měřících bodů vlivem degradace masa.

4. ZÁVĚR

Z naměřených výsledků bylo zjištěno, že během degradace masa dochází k silné změně impedance. Impedance klesá nejvíce v oboru nízkých frekvencí (20-500 Hz), pak se hodnoty vyrovnávají. Výrazně odlišný průběh má vzorek ponechaný 4 dny při pokojové teplotě (Obr.3 a 4). Zde dochází téměř k lineárnímu poklesu impedance s frekvencí. Je to nejspíš ovlivněno rozkladem proteinů, které vytvářejí strukturální změny v masě. Tyto modifikace vedou ke snížení elektrické anizotropie masa, a ke zmenšující se rezistenci svalových vláken. V nadcházejících měření dojde k různým modifikacím. Vzorky masa se budou měřit po ponechání na vzduchu při pokojové teplotě, po uchování v chladničce, popř. v mrazničce a změřené výsledky se pak porovnají.

REFERENCE

- [1] Barbosa-Cánovas, G.V., P. Juliano A M. Peleg. Engineering properties of foods. 2006, p.32-45. Dostupné z: <http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/C10/E5-10-01.pdf>
- [2] Ingr, I. Produkce a zpracování masa. 2. nezměněné vydání, Mendelova univerzita, Brno, 2011, 202 s. ISBN 978-80-7375-510-2.
- [3] Vrána, V., *Elektrické vlastnosti organismů*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1974
- [4] Damez J.L, S. Clerjon, S. Abouelkaram a J. Lepetit. Dielectric behavior of beef meat in the 1–1500kHz range: Simulation with the Fricke/Cole–Cole model. Meat Science, vol. 77 issue 4, 2007. p. 512-519.