

**REOLOGICKÉ VLASTNOSTI JÁTROVÝCH PAŠTIK
S PŘÍDAVKEM ŽELATINY Z JELENÍCH ŠLACH**
**RHEOLOGICAL PROPERTIES OF LIVER PÂTÉS WITH
THE ADDITION OF GELATIN FROM DEER TENDONS**

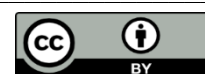
Tereza Novotná¹ – Tadeáš Kočí¹ – Pavel Mokrejš² – Jana Pavlačková³ – Robert Gál¹

¹ Ústav technologie potravin, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

² Ústav inženýrství polymerů, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

³ Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky, Fakulta technologická,
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0270>



ABSTRAKT

Cílem práce bylo posoudit vliv přídatku želatiny z jeleních šlach a způsobu tepelného ošetření na vybrané vlastnosti játrových paštik. Želatina byla získána pomocí enzymatické předúpravy kolagenu a aplikována do výrobku v koncentracích 0; 0,5 a 1,0 %. Vzorby byly tepelně opracovány pasterací a sterilací. Hodnoceny byly tyto parametry: obsah sušiny, roztíratelnost a viskoelastické vlastnosti pomocí dynamické oscilační reometrie. Přídavek želatiny vedl ke zvýšení obsahu sušiny a změnám roztíratelnosti výrobku. Reologická měření prokázala charakter slabého gelu s převahou elastické složky, kdy modul pružnosti převyšoval ztrátový modul v celém frekvenčním rozsahu. Nejvyšší hodnoty jednotlivých modulů byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %, zatímco vyšší přídavek způsobil částečný plasticizační efekt související s vyšším podílem hydratované gelové fáze. Sterilizace vedla k vytvoření pevnější struktury než pasterace a zesilovala účinek želatiny. Výsledky potvrzují, že želatina ze zvěřiny nepůsobí pouze jako zahušťovadlo, ale aktivně se podílí na tvorbě mikrostruktury emulzního gelu. Její využití představuje perspektivní způsob zhodnocení vedlejších živočišných surovin a možnost cílené úpravy textury masných výrobků.

Klíčová slova: kolagen, zvěřina, játrová paštika, reologické vlastnosti, želatina

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of adding gelatin from deer tendons and the type of heat treatment on selected properties of liver pâtés. Gelatin was obtained by enzymatic pretreatment of collagen and incorporated into the product at concentrations of 0, 0.5, and 1.0%. The samples were thermally processed by pasteurization and sterilization. The following parameters were evaluated: dry matter content, spreadability, and viscoelastic properties using dynamic oscillatory rheometry. The addition of gelatin increased the dry matter content and altered the spreadability of the product. Rheological measurements indicated a weak gel with an elastic-dominant behavior, with the storage modulus exceeding the loss modulus across the entire frequency range. The highest moduli were observed at a concentration of 0.5%, while higher additions showed a partial plasticizing effect, associated with a higher proportion of the hydrated gel phase. Sterilization produced a firmer structure than pasteurization and enhanced the gelatin's effect. The results confirm that gelatin derived from game animals does not act merely as a thickening agent but also actively participates in the formation of the emulsion gel's microstructure. Its use represents a promising approach for valorizing animal by-products and for targeted modification of the texture of meat products.

Keywords: collagen, game meat, liver pâté, rheological properties, gelatin

ÚVOD

V současné době v potravinářském průmyslu roste důraz na využití vedlejších živočišných produktů a minimalizaci biologického odpadu. Vedlejší produkty vznikající při zpracování masa představují významný zdroj cenných surovin, především kolagenu (Toldrá et al., 2016). Pojivové tkáně obsahují vysoké množství této strukturální bílkoviny, která je po vhodném technologickém zpracování využitelná v potravinářství jako funkční složka (Schrieber a Gareis, 2007). Využití těchto surovin umožňuje nejen zvýšení ekonomické efektivity výroby, ale také naplňuje principy cirkulární ekonomiky a udržitelného zpracování potravinových zdrojů (FAO, 2019).

Kolagen patří mezi stromatické bílkoviny pojivových tkání a vyznačuje se specifickou strukturou a vysokým obsahem glycinu, prolinu a hydroxyprolinu (Shoulders a Raines, 2009). Při zahřívání ve vodném prostředí dochází k jeho denaturaci a přeměně na želatinu, která vykazuje výrazné hydrofilní a gelotvorné vlastnosti (Karim a Bhat, 2009). Schopnost tvorby trojrozměrné sítě a vazby vody umožňuje jeho využití jako strukturantu v řadě potravinářských aplikací. V masných výrobcích může kolagen přispívat ke stabilizaci emulzí, omezení separace tukové fáze a zlepšení texturních vlastností výrobku (Toldrá et al., 2016).

Kvalita játrových paštik je úzce spojena s jejich konzistencí, která určuje jak technologickou stabilitu výrobku, tak jeho senzorickou přijatelnost. Nevyhovující struktura se projevuje oddělováním tuku, vodnatostí nebo naopak přílišnou tuhostí výrobku. Tyto změny souvisejí s charakterem proteinové matrice vznikající během tepelného opracování (Sun a Holley, 2010; Tornberg, 2005). Vzhledem k tomu, že se jedná o systém vykazující současně pevné i tekuté chování, je pro jeho objektivní charakterizaci vhodné využít dynamickou oscilační reologii. Parametry, jako modul pružnosti a ztrátový modul, umožňují kvantifikovat míru vyvinutí proteinové matrice a stabilitu systému přesněji než běžné analýzy ukazující na texturní vlastnosti a poskytují relevantní informaci o chování výrobku (Youssef a Barbut, 2009).

Použití hydrokoloidů v emulzních systémech je spojeno s tvorbou mechanické bariéry na rozhraní fází a se zvýšením viskozity spojitě fáze, čímž dochází k omezení pohybu a koalescence tukových kapek (Dickinson, 2012). Kolagen tak může v paštikách působit nejen jako plnidlo, ale i jako aktivní složka ovlivňující mikrostrukturu výrobku (Schrieber a Gareis, 2007). Jeho účinek však závisí na interakci s ostatními proteiny systému a zejména na podmínkách tepelného zpracování (Sun a Holley, 2010).

Tepelné ošetření je jedním z klíčových technologických kroků při výrobě paštik. Při zahřívání dochází k denaturaci svalových a jaterních bílkovin, jejich agregaci a vzniku prostorové gelové sítě, která fixuje vodu a tuk (Tornberg, 2005; Sun a Holley, 2010). Intenzita těchto změn závisí na teplotě a době záhřevu. Pasterace probíhá při nižších teplotách a vede k méně výrazné denaturaci proteinů, zatímco sterilace při teplotách nad 115 °C způsobuje hlubší strukturální přestavby systému. Lze proto předpokládat, že účinek kolagenu na výsledné vlastnosti výrobku bude výrazně ovlivněn zvoleným tepelným režimem (Youssef a Barbut, 2009).

Přestože jsou technologické vlastnosti kolagenu z běžných jatečných zvířat poměrně dobře popsány, dostupné informace o kolagenu získaném ze zvěřiny jsou omezené. Nedostatek údajů se týká zejména jeho interakce s proteinovou maticí masných emulzí a vlivu na jejich reologické vlastnosti po různém tepelném ošetření. Zvláště kolagen z jeleních šlach představuje málo prozkoumaný zdroj s potenciálně odlišným chováním oproti tradičně využívaným surovinám. Cílem práce bylo posoudit vliv přídavku želatiny z jeleních šlach a způsobu tepelného ošetření na reologické vlastnosti játrové paštiky.

MATERIÁL A METODIKA

Příprava kolagenu z jeleních šlach

Vstupní surovinou byly rozmělněné jelení šlachy (Venison CZ s.r.o., Míškovice, Česká republika). Po rozmrazení byly šlachy promyty tekoucí pitnou vodou a krátce ponechány ve vodě za účelem odstranění

rozpustných nekolagenních bílkovin. Následně byla surovina opracována v roztoku NaCl ($0,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v poměru surovina : roztok 1:6 po dobu 1,5 h při laboratorní teplotě, poté byla promyta studenou vodou. Pro odstranění globulinů byla surovina dále opracována v roztoku NaOH ($0,03 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v poměru 1:6 po dobu 45 min; krok alkalického opracování včetně filtrace a promytí byl celkem třikrát opakován. Po posledním promytí byla surovina sušena při 35°C přibližně 24–36 h do konstantní hmotnosti.

Odtučnění vysušeného kolagenního materiálu bylo provedeno směsí petrolether : ethanol (1:1, v/v) v poměru surovina : rozpouštědlo 1:6 za kontinuálního třepání při laboratorní teplotě po dobu 24–36 h, přičemž směs rozpouštědel byla v průběhu procesu dvakrát vyměněna. Po odpaření zbytků rozpouštědel byl materiál rozemlet na velikost částic přibližně 3 mm a skladován v temnu v uzavřené nádobě.

Příprava želatiny byla realizována enzymatickou hydrolýzou upraveného kolagenu. Materiál byl smíchán s destilovanou vodou v poměru 1:10 a po 20 min třepání bylo pH upraveno 3% roztokem HCl na hodnotu 6,5–7,0. Následně byl přidán enzym Protamex (Novozymes A/S, Bagsværd, Dánsko) v množství 0,3 % (vztaženo na hmotnost přesušeného kolagenu) a směs byla mírně třepána 24 h při 6°C ; po 30 min byla provedena kontrola pH a případná korekce na 6,5–7,0. Po hydrolýze byla směs filtrována přes třívrstvou tkaninu.

Pro vlastní extrakci byla propláchnutá pevná fáze opět smíchána s destilovanou vodou (1:10) a extrahována za intenzivního míchání při $55 \pm 1^\circ\text{C}$ po dobu 30 min. Získaný roztok želatiny byl krátce zahříván na $85 \pm 1^\circ\text{C}$ po dobu 6 min, ochlazen (30 min při teplotě $8 \pm 1^\circ\text{C}$) a následně sušen ($40 \pm 1^\circ\text{C}$ přibližně 12 h, poté dosušení při $65 \pm 1^\circ\text{C}$ 8 h). Suchá želatina byla rozdrovena na částice přibližně o velikosti 1 mm a skladována v temnu.

Analýza připravené želatiny

Pro charakterizaci připravené želatiny byly stanoveny vybrané fyzikálně-chemické a funkční vlastnosti.

Obsah sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky podle metodiky GMIA (2013). Přibližně 1 g vzorku byl sušen při $103 \pm 1^\circ\text{C}$ do konstantní hmotnosti. Po ochlazení v exikátoru byl obsah sušiny vypočten jako hmotnostní podíl vysušeného zbytku vztažený k původní hmotnosti vzorku.

Obsah popelovin

Obsah popelovin byl stanoven gravimetricky podle metodiky GMIA (2013). Přibližně 0,5 g vzorku bylo mineralizováno v muflové peci při 650°C do konstantní hmotnosti. Po ochlazení v exikátoru byl obsah popela vypočten jako hmotnostní podíl zbytku po žihání vztažený k původní hmotnosti vzorku.

Dynamická viskozita

Dynamická viskozita byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) na 6,67% roztoku želatiny při 60°C pomocí Ubbelohdeho viskozimetru. Z naměřené doby průtoku byla vypočtena kinematická a následně dynamická viskozita.

Teplota tání

Teplota tání byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) na 6,67% gelu želatiny připraveném v kapiláře a temperovaném při 10°C . Při postupném zahřívání ve vodní lázni byla zaznamenána teplota, při které došlo k uvolnění gelu z kapiláry.

Teplota tuhnutí

Teplota tuhnutí byla stanovena podle metodiky GMIA (2013) ochlazováním želatinového roztoku. Do vzorku byly při postupném poklesu teploty vkládány ocelové kuličky a teplota gelace byla určena v okamžiku jejich zastavení v gelové struktuře.

Vodu zadržující kapacita

Vodu zadržující kapacita byla stanovena podle Nasrin et al. (2014). Přibližně 1 g práškové želatiny byl dispergován v 25 ml destilované vody a třepán po dobu 5 min při laboratorní teplotě. Následně byl vzorek odstředěn při 5000 ot·min⁻¹ po dobu 30 min a po odstranění supernatantu byla kapacita vazby vody vypočtena jako rozdíl mezi přidáním množstvím vody a hmotností supernatantu, vyjádřený v g·g⁻¹.

Tuk vázací kapacita

Tuk vázací kapacita byla stanovena podle Li et al. (2009). Vzorek (0,1 g) byl smíchán s 10 g sójového oleje a třepán 30 min při laboratorní teplotě. Po odstředění při 2500 ot·min⁻¹ po dobu 30 min byl odstraněn supernatant a kapacita vazby tuku byla vypočtena jako množství navázaného oleje vztažené k hmotnosti vzorku (g·g⁻¹).

Výroba játrových paštik

Složení játrových paštik je zaznamenáno v tabulce 1. Do díla byla přidána želatina získaná z jeleních šlach v koncentraci 0; 0,5 a 1,0 % hmotnostních vzhledem k celkové hmotnosti výrobku.

Paštiky byly vyrobeny z chlazených kuřecích jater, kuřecích stehenních řízků a kuřecích kůží. Kuřecí kůže byla tepelně upravena ve vroucí vodě do změknutí, přičemž vznikl vývar použitý při výrobě. Játra a svalovina byly mechanicky očištěny od nežádoucích částí.

Jednotlivé suroviny byly následně homogenizovány kutrováním. Nejprve byla rozmělněna játra s dusitanovou solicí směsí, poté svalovina s kořením a následně byly přidány tepelně upravené kůže. Do vzniklého díla byl postupně přidán vývar, směs jater, želatina (0; 0,5; 1,0 %) a nakonec bramborový škrob. Po každém přidavku byla směs důkladně promíchána do homogenní emulze.

Tabulka 1: Surovinová skladba játrových paštik

Surovina	Množství [g]
Kuřecí játra	450
Kuřecí stehenní řízků	395
Kuřecí kůže	270
Vývar	310
Škrob	37,5
Dusitanová solicí směs	30
Koření směs	7,5

Hotové dílo bylo rozděleno do obalů podle typu tepelného ošetření. Pasterované vzorky byly plněny do skleněných nádob, od vzdušně vakuováním a zahřívány v konvektometru na 72 ± 1 °C v jádře po dobu 10 min. Následně byly rychle zchlazeny ve studené vodní lázni a skladovány při 4 ± 2 °C.

Sterilované vzorky byly plněny do hliníkových misek, uzavřeny víčkem a tepelně opracovány v autoklávě při 120 ± 1 °C po dobu 10 min. Po ochlazení byly rovněž skladovány při 4 ± 2 °C.

Analýzy játrových paštik

U vyrobených vzorků játrových paštik byly hodnoceny vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti charakterizující strukturu výrobku.

Obsah sušiny

Obsah sušiny byl stanoven gravimetricky sušením naváženého vzorku při 103–105 °C do konstantní hmotnosti podle standardní metody pro potraviny (ISO 1442:2023). Výsledek byl vyjádřen jako hmotnostní procento sušiny ve vzorku.

Spreadability test – Roztíratelnost

Roztíratelnost byla hodnocena pomocí texturního analyzátoru TA.XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) s kuželovou sondou HDP/SR. Vzorek byl umístěn do nádoby s kónickým dnem a měření probíhalo do hloubky 2 mm rychlostí $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Měření poskytovalo orientační informaci o konzistenci výrobku vzhledem k nutnosti manipulace se vzorkem před analýzou. Každý vzorek byl měřen pětkrát a výsledky byly vyjádřeny jako průměrná hodnota $\pm$ směrodatná odchylka.

Reologická analýza

Reologická měření byla provedena na rotačním reometru Kinexus Pro+ (Malvern Panalytical Ltd., Malvern, UK). Každý vzorek byl měřen dvakrát při teplotě $20,0 \pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pomocí frekvenčního testu v rozsahu 0,1–10 Hz v lineární viskoelastické oblasti (LVR). Použita byla vroubkovaná geometrie deska–deska se vzdáleností mezer 1 mm.

Před měřením byla z povrchu vzorku odstraněna zoxidovaná vrstva a vzorek byl nanesen na spodní desku přístroje. Po nastavení měřicí mezery byl odstraněn přebytečný materiál, aby se zabránilo ovlivnění výsledků.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky analýz želatiny jsou zaznamenány v tabulce 2.

Tabulka 2: Vybrané analýzy jelení želatiny

Obsah sušiny	$88,57 \pm 0,07 \%$
Obsah popelovin	$0,35 \pm 0,07 \%$
Teplota tuhnutí	$18,06 \pm 1,66 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Teplota tání	$34,35 \pm 0,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Čirost	$3,46 \pm 0,06 \%$
Dynamická viskozita	$2,2579 \text{ mPa} \cdot \text{s}$
Vodu zadržující kapacita	$22,60 \pm 1,11 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$
Tuk vázací kapacita	$4,78 \pm 0,59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$

Získaná želatina vykazovala vysoký obsah sušiny (88,57 %), což odpovídá běžným hodnotám pro potravinářské želatiny a potvrzuje dostatečné odstranění vody po sušení. Obsah popelovin (0,35 %) byl nízký a svědčí o minimálním zastoupení minerálních látek a dobré čistotě produktu. Nízký obsah popela je důležitý zejména z technologického hlediska, protože nadbytek minerálních látek může negativně ovlivňovat gelotvorné vlastnosti a stabilitu výsledných potravinových systémů.

Obsah sušiny připravené želatiny dosahoval $88,57 \pm 0,07 \%$, což odpovídá vlhkosti 11,43 %. Ve srovnání s želatinami získanými z kuřecích vedlejších produktů s vlhkostí přibližně 5,4 % (Rather et al., 2022) byla hodnota vyšší, což lze přičíst odlišné surovině a technologickým podmínkám zpracování ovlivňujícím vazbu vody.

Obsah popelovin činil $0,35 \pm 0,07 \%$, tedy výrazně méně než limit 2 % udávaný pro potravinářské želatiny. Nízký obsah minerálních látek potvrzuje vysokou čistotu produktu a odpovídá přirozenému charakteru kolagenu (Mohammadnezhad a Farmani, 2022).

Teplota tuhnutí byla $18,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota tání $34,35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, což odpovídá typickému chování kolagenních gelů. Naměřená čirost činila 3,46 %, což odpovídá hodnotám běžně uváděným pro želatiny z živočišných surovin.

Dynamická viskozita roztoku činila $2,26 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, což odpovídá běžným hodnotám pro potravinářské želatiny a naznačuje přítomnost dostatečně dlouhých polypeptidových řetězců. Vodu zadržující kapacita byla relativně vysoká ($22,60 \pm 1,11 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) a převyšovala hodnoty uváděné pro kuřecí želatinu ($15,6 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$; Rather et al.,

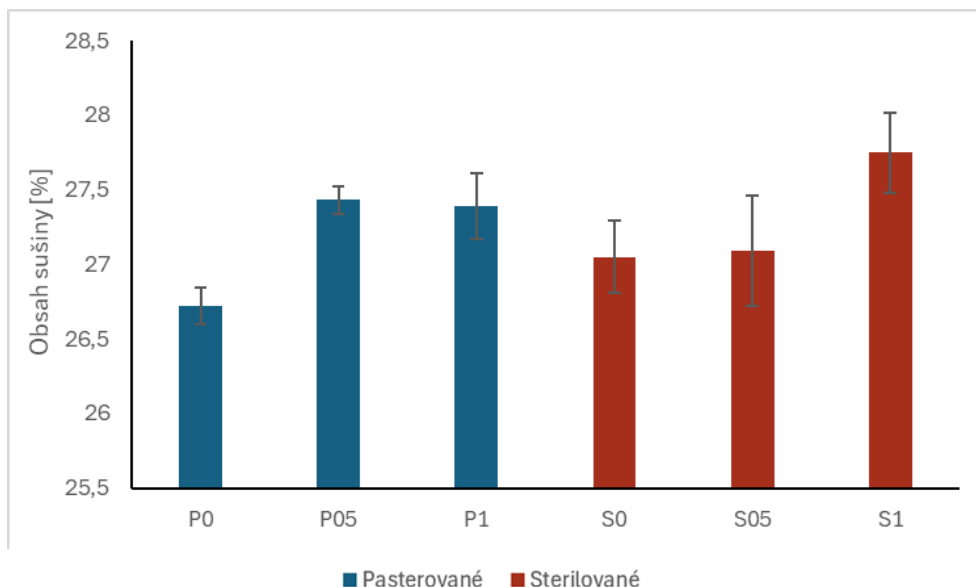
2022), zatímco tuk vázací kapacita ($4,78 \pm 0,59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) byla mírně nižší než u želatin z drůbežích surovin (Rather et al., 2022).

Naměřené parametry naznačují převážně hydrofilní charakter želatiny a její schopnost stabilizovat vodnou fázi, což je významné pro tvorbu struktury emulzních masných výrobků.

Analýzy játrových paštik

Obsah sušiny

Výsledky obsahu sušiny jsou zobrazeny na obrázku 1.



Obrázek 1: Množství sušiny ve vzorcích játrových paštik

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 05 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny

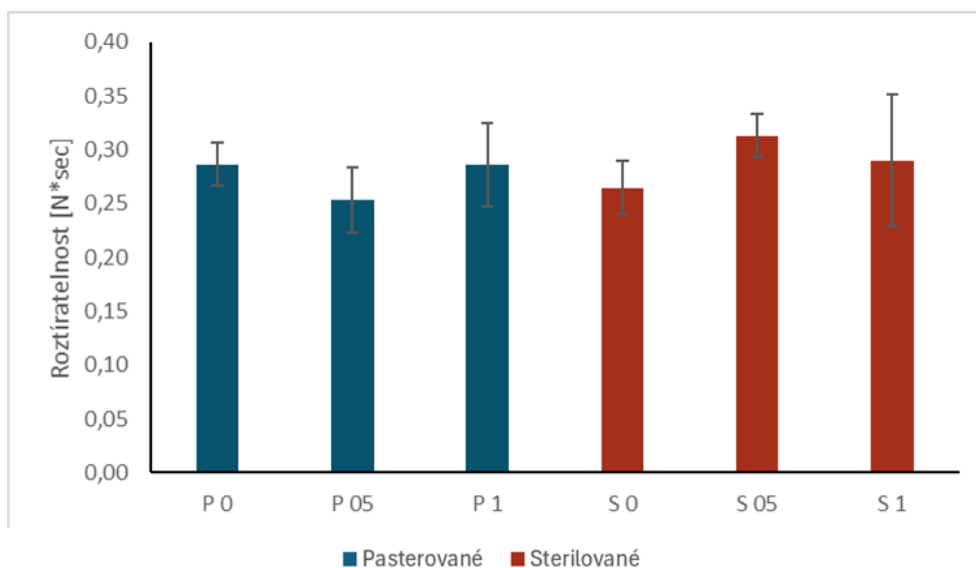
Obsah sušiny játrových paštik byl ovlivněn jak koncentrací přidané želatiny, tak způsobem tepelného ošetření. U obou technologických variant byl se zvyšujícím se přídavkem želatiny patrný nárůst sušiny výrobku. Nejnížší hodnoty byly zaznamenány u kontrolních vzorků bez přídavku želatiny, zatímco nejvyšší obsah sušiny vykazovaly vzorky s 1,0 % želatiny.

Sterilované paštiky dosahovaly obecně vyšších hodnot sušiny než pasterované varianty. Rozdíl byl nejvýraznější při vyšší koncentraci želatiny, což naznačuje, že intenzivnější tepelné opracování podporuje stabilizaci pevné fáze systému.

Z technologického hlediska lze zvýšení sušiny vysvětlit především schopností želatiny vázat vodu a podílet se na tvorbě gelové struktury. Vázaná voda se stává součástí proteinové matrice a nepůsobí jako volná fáze systému. Sterilizace současně způsobuje hlubší denaturaci bílkovin a intenzivnější tvorbu prostorové sítě, která vodu fixuje efektivněji než u pasterace. Zvýšený obsah sušiny tak odpovídá kompaktnější struktuře výrobku a předpokládá vyšší podíl elastického chování v následných reologických měřeních.

Roztíratelnost

Výsledky roztíratelnosti jsou zobrazeny na obrázku 2.



Obrázek 2: Výsledky roztíratelnosti játrových paštik

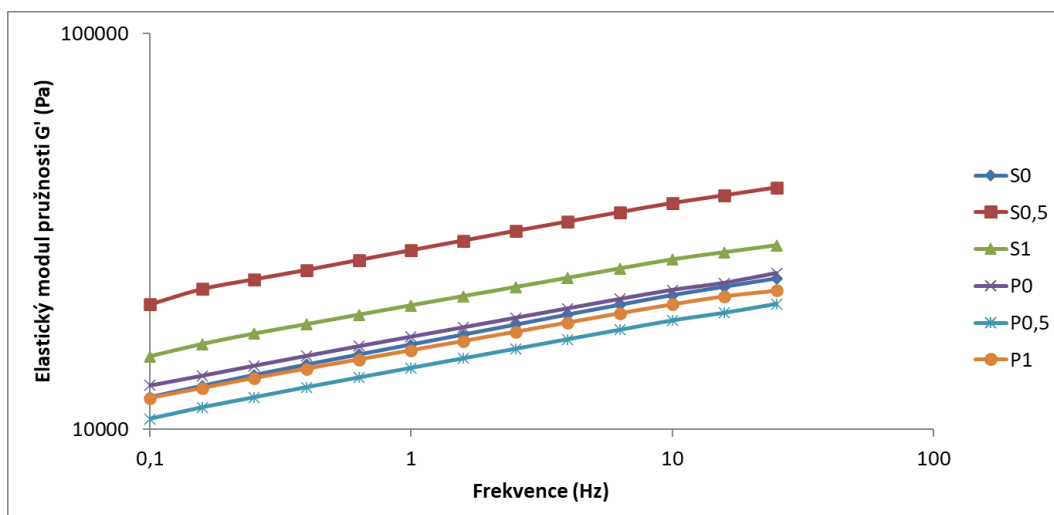
Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 05 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny

Roztíratelnost játrových paštik byla ovlivněna jak koncentrací přidané želatiny, tak způsobem tepelného ošetření. U pasterovaných vzorků byly rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi relativně malé. Nejvyšší roztíratelnost byla zaznamenána u kontrolního pasterovaného vzorku bez přídavku želatiny (P0; 0,2866 N·s), zatímco přídavek 0,5 % želatiny vedl k mírnému snížení hodnot a při koncentraci 1,0 % došlo opět k jejich nepatrnému zvýšení, avšak bez výrazné odchylky od kontroly.

U sterilovaných paštik byl vliv želatiny výraznější. Nejvyšší hodnoty vykazoval vzorek sterilovaný s přídavkem 0,5 % želatiny (S05; 0,3130 N·s), zatímco při přídavku 1,0 % došlo k částečnému poklesu hodnot. Sterilované vzorky obecně vykazovaly vyšší odpor při roztírání než pasterované varianty, což ukazuje na tvorbu pevnější struktury během intenzivnějšího tepelného ošetření.

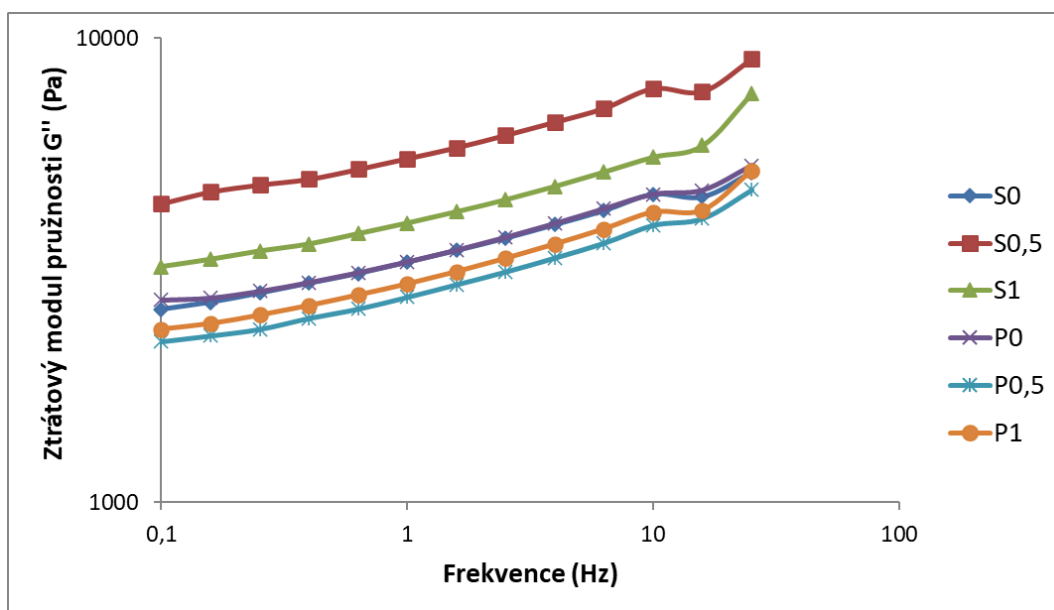
Pozorované změny lze vysvětlit interakcí želatiny s proteinovou maticí výrobku. Při nižší koncentraci se želatina pravděpodobně zapojuje do struktury svalových bílkovin a zpevňuje vzniklou síť, což vede k vyššímu odporu při deformaci. Při vyšším přídavku však dochází k většímu podílu hydratovaných gelových oblastí, které mohou působit jako lubrikační fáze a částečně snižovat odpor při roztírání. Intenzivnější účinek ve sterilovaných vzorcích souvisí s hlubší denaturací proteinů a tvorbou kompaktnější struktury, do níž se želatina účinněji začleňuje.

Výsledky měření dynamické oscilační reologie jsou zaznamenány na obrázku 3, 4 a 5.



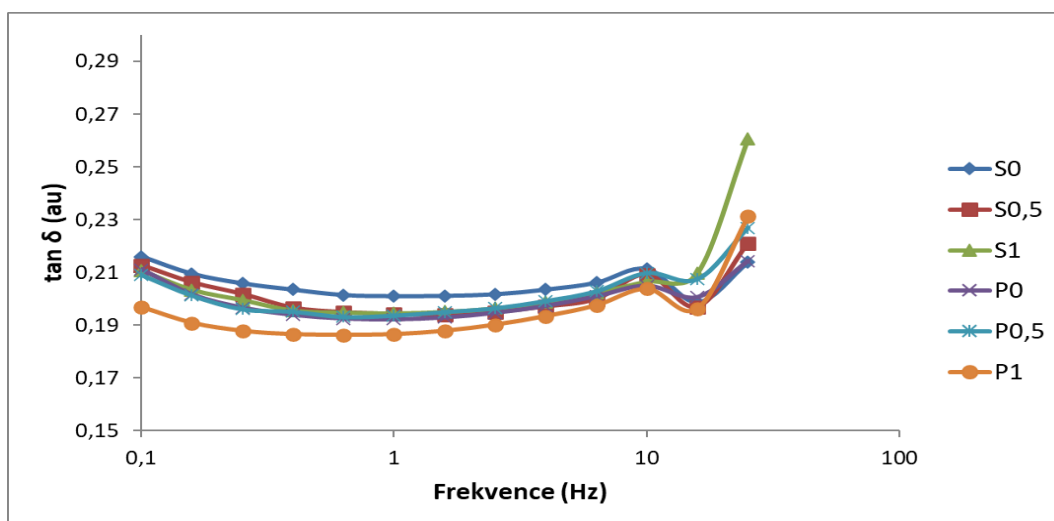
Obrázek 3: Výsledky elastického modulu pružnosti

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny



Obrázek 4: Výsledky ztrátového modulu pružnosti

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny



Obrázek 5: Výsledky ztrátového faktoru $\tan \delta$

Legenda: P – pasterované vzorky; S – sterilované vzorky; 0 – bez přídavku želatiny; 0,5 – 0,5% přídavek želatiny; 1 – 1% přídavek želatiny

Ve všech hodnocených vzorcích převyšoval modul pružnosti G' ztrátový modul G'' , což potvrzuje převážně elastický charakter systému typický pro emulzní gely. Hodnoty G' rostly s frekvencí, což odpovídá slabému gelu charakteristickému pro tepelně opracované masné výrobky. Sterilované vzorky vykazovaly vyšší hodnoty G' než pasterované, což svědčí o intenzivnější denaturaci bílkovin a vytvoření pevnější proteinové matrice. Přídavek želatiny ovlivnil modul pružnosti nelineárně – nejvyšší hodnoty byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %, zatímco při 1,0 % došlo k mírnému poklesu, pravděpodobně vlivem vyššího podílu hydratované gelové fáze.

Ztrátový modul G'' vykazoval obdobný průběh jako modul pružnosti a rostl s frekvencí deformace, což potvrzuje viskoelastické chování systému. Sterilované vzorky dosahovaly vyšších hodnot G'' než pasterované varianty, což ukazuje na vyšší schopnost disipace energie v kompaktnější síti vytvořené intenzivnějším tepelným opracováním. Také v tomto případě byl vliv želatiny nelineární a nejvyšší hodnoty byly zaznamenány při koncentraci 0,5 %. Při vyšším přídavku želatiny docházelo ke snížení modulu, což naznačuje změnu struktury směrem k více hydratovanému systému s nižší kohezí.

Hodnoty ztrátového faktoru $\tan \delta$ se u všech vzorků pohybovaly přibližně v rozmezí 0,18–0,22, což potvrzuje převážně elastický charakter materiálu. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány při nižších frekvencích, zatímco při vyšších frekvencích docházelo k jejich nárůstu v důsledku postupného narušování struktury. U sterilovaných vzorků s vyšším obsahem želatiny byl nárůst výraznější, což naznačuje vznik více hydratované a méně koherentní matrice. Výsledky potvrzují, že želatina modifikuje charakter proteinové sítě a její vliv závisí na intenzitě tepelného ošetření.

Reologická měření prokázala, že játrové paštiky mají charakter slabého gelu s převahou elastické složky. Sterilizace vedla k vytvoření pevnější a stabilnější struktury než pasterace. Přídavek želatiny modifikoval strukturu nelineárně – při koncentraci 0,5 % docházelo ke zpevnění proteinové matrice, zatímco při vyšším přídavku se projevoval plasticizační efekt způsobený vyšším podílem hydratované gelové fáze. Výsledky korespondují s měřením roztíratelnosti a potvrzují, že želatina nepůsobí pouze jako zahušťovadlo, ale také se aktivně podílí na tvorbě mikrostruktury emulzního gelu a její účinek je výrazně ovlivněn intenzitou tepelného opracování.

ZÁVĚR

Přídavek želatiny získané z jeleních šlach ovlivnil vlastnosti játrových paštik v závislosti na koncentraci i způsobu tepelného ošetření. Se zvyšujícím se podílem želatiny docházelo ke zvýšení obsahu sušiny a ke změnám roztíratelnosti výrobku. Reologická měření potvrdila charakter slabého emulzního gelu s převahou elastické složky. Nejvýraznější zpevnění struktury bylo zaznamenáno při přídávku 0,5 %, zatímco vyšší koncentrace vedla k poklesu pevnosti gelové matrice. Sterilizace vytvářela kompaktnější a stabilnější strukturu než pasterace a současně zesilovala účinek kolagenu.

Výsledky ukazují, že kolagen ze zvěřiny může sloužit jako funkční strukturant masných výrobků a představuje perspektivní způsob zhodnocení vedlejších živočišných surovin.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou IGA/FT/2025/007.

LITERATURA

Dickinson, E. (2012): Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 224–241. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.017>

FAO (2019): The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostupné z: <https://doi.org/10.4060/ca6030en>

GMIA (2013): Standard testing methods for edible gelatin. Gelatin Manufacturers Institute of America. Dostupné z: https://gmia gelatin.weebly.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia_official_methods_of_gelatin_revised_2013.pdf

ISO 1442:2023 (2023): Meat and meat products — Determination of moisture content — Reference method (ISO 1442:2023). Geneva: International Organization for Standardization. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/82664.html>

Karim, A. A., Bhat, R. (2009): Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563–576. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.002>

Li, F., Jia, D., Yao, K. (2009): Amino acid composition and functional properties of collagen polypeptide from Yak (*Bos grunniens*) bone. *LWT – Food Science and Technology*, 42(5), 945–949. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.12.005>

Mohammadnezhad, S., Farmani, J. (2022): Rheological and functional characterization of gelatin and fat extracted from chicken skin for application in food technology. *Food Science and Nutrition*, 10(6), 1908–1920. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2807>

Nasrin, T. A. A., Noomhorm, A., Anal, A. A. (2014): Physico-chemical characterization of culled plantain pulp starch, peel starch, and flour. *International Journal of Food Properties*, 18(1), 165–177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.828747>

Rather, J. A., Majid, S. D., Dar, A. H., Amin, T., Makroo, H. A. et al. (2022): Extraction of gelatin from poultry byproduct: Influence of drying method on structural, thermal, functional, and rheological characteristics of the dried gelatin powder. *Frontiers in Nutrition*, 9. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.895197>

Schrieber, R., Gareis, H. (2007): *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA. ISBN 978-3-527-31548-7

Shoulders, M. D., Raines, R. T. (2009): Collagen structure and stability. *Annual Review of Biochemistry*, 78, 929–958. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>

Sun, X. D., Holley, R. A. (2010): Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(1), 33–51. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x>

Toldrá, F., Mora, L., Reig, M. (2016): New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120, 54–59. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>

Tornberg, E. (2005): Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493–508. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>

Youssef, M. K., Barbut, S. (2009): Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*. 82(2), 228–233.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.015>

Kontaktní adresa: Ing. Tereza Novotná, Ústav technologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vavrečkova 5669, 760 01 Zlín, Česká republika, e-mail: t2_novotna@utb.cz