

Aplikace technických plynů pro balení drůbežího masa v ochranné atmosféře

Bc. Petra Skýpalová

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Petra Skýpalová**
Osobní číslo: **T18568**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Aplikace technických plynů pro balení drůbežního masa v ochranné atmosféře**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Význam a metody balení masa.
2. Získávání technických plynů.
3. Využití technických plynů v potravinářství.
4. Aplikace technických plynů pro balení drůbežního masa.

II. Praktická část

1. Balení drůbežního masa do modifikované atmosféry.
2. Balení drůbeží masa do vakua.
3. Mikrobiologické analýzy.
4. Chemické analýzy.
5. Diskuze a závěr.

Seznam doporučené literatury:

- [1] DONG S. L. (2016). Carbon dioxide absorbers for food packaging applications. Review. Trends in Food Science Technology 57, 146-155.
- [2] HOLST E. J., SMIT N. R., SUMMERFIELD J. W. (2012). Fresh meat color in vakuem packaged or modified atmosphere packaged fresh meat products. US20120027896 A1.
- [3] ZHONGXIANG F., YANYUN Z., ROBYN D. W., STUART K. J. (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. Review. Trends in Food Science Technology 61, 60-71.
- [4] ARVANITOYANNIS I. S., STRATAKOS A. C. (2012). Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: A review. Food and Bioprocess Technology, 5, 1423-1446.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Gál, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA

DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na sledování kvality a údržnosti kuřecího masa v závislosti na typu balení v ochranné atmosféře, včetně srovnání s vakuovým balením masa. V teoretické části práce je popsána charakteristika drůbežího masa a procesů probíhajících v průběhu skladování, jsou zde zhodnoceny jednotlivé technické plyny použité v experimentální části pro balení masa a princip použití modifikované atmosféry. Praktická část práce se zabývá chemickou a mikrobiologickou analýzou masa z pohledu parametrů, které jsou ukazateli trvanlivosti kuřecího masa. Je zde popsán postup balení v ochranné atmosféře i kontrolní měření obsahu plynů v balení masa. Závěr patří srovnání výsledků s vědeckými poznatky.

Klíčová slova: modifikovaná atmosféra, drůbeží maso, technické plyny, balení

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on monitoring the quality and durability of chicken meat stored in a protective atmosphere, depending on the type of packaging and including a comparison with vacuum packaging of meat. The theoretical part describes the characteristics of poultry meat and the processes which take place during storage. The individual technical gases used in the experimental part for meat packaging and the principle of using a modified atmosphere are evaluated. The practical part of the work deals with chemical and microbiological analysis of meat in terms of parameters that are indicators of the durability of chicken meat. It describes the procedure of packaging in a protective atmosphere as well as the control measurement of the gas content in meat packaging. The conclusion compares the results with scientific knowledge.

Keywords: modified atmosphere, poultry meat, technical gases, packaging

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Robertovi Gálovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost a připomínky při jejím zpracování. Moje poděkování patří také Ing. Veronice Kučabové a Ing. Olze Vlčkové za pomoc při práci v mikrobiologické laboratoři, doc. RNDr. Leoně Buňkové, Ph.D. za konzultaci výsledků mikrobiologického rozboru a Ing. Tomáši Valentovi, Ph.D. za podporu při chemické analýze vzorků.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za zázemí, které mi poskytovala v průběhu celé doby mého studia a rovněž svému bratrovi za technickou pomoc při zpracování práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 CHARAKTERISTIKA A VÝZNAM MASA	11
1.1 CHARAKTERISTIKA DRŮBEŽE	12
1.2 SPOTŘEBA A PRODUKCE MASA	12
1.3 STAVBA A FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY MASA.....	14
1.3.1 Drůbeží svalovina.....	15
1.4 VLASTNOSTI MASA.....	16
1.4.1 Barva masa.....	17
1.4.2 Vaznost a pH u drůbežího masa.....	18
1.5 ZRACÍ PROCESY A KAŽENÍ MASA	19
1.5.1 Zrání masa.....	19
1.5.2 Posmrtné změny svaloviny	19
1.5.3 Proteolýza.....	20
1.6 AMONIAK JAKO HYGIENICKÝ PARAMETR	21
1.7 OXIDATIVNÍ ZMĚNY POTRAVIN.....	22
1.7.1 Oxidace hemoglobinu a myoglobinu	23
1.8 MIKROBIOLOGIE MASA.....	23
2 VÝZNAM A METODY BALENÍ MASA.....	28
2.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA OBALY A OBALOVÉ MATERIÁLY.....	29
2.2 ZPŮSOBY BALENÍ MASA.....	30
2.2.1 Prosté (jednoduché) balení.....	30
2.2.2 Vakuové balení masa	32
2.2.3 Balení masa v ochranné atmosféře.....	33
3 ZÍSKÁVÁNÍ TECHNICKÝCH PLYNŮ	38
4 VYUŽITÍ TECHNICKÝCH PLYNŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	43
4.1 KYSLÍK.....	44
4.1.1 Balení masa v MAP s vysokým obsahem kyslíku	45
4.1.2 Balení masa v MAP s nízkým obsahem kyslíku	45
4.2 OXID UHLIČITÝ.....	45
4.3 DUSÍK.....	48
4.4 ZÁSBOVÁNÍ POTRAVINÁŘSKÝMI PLYNY	49
5 APLIKACE TECHNICKÝCH PLYNŮ PRO BALENÍ DRŮBEŽÍHO MASA	50
II PRAKTICKÁ ČÁST	53
6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	54
7 MATERIÁL A METODY	55

7.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE, POMŮCKY A CHEMICKÉ LÁTKY	55
7.1.1	Příprava vzorků	55
7.1.2	Kultivační stanovení.....	56
7.1.3	Chemická analýza	57
7.2	PŘÍPRAVA A BALENÍ VZORKŮ	57
7.3	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA	59
7.3.1	Příprava kultivačních půd	60
7.3.2	Odběr vzorků a ředění	61
7.3.3	Vyjádření výsledků	62
7.4	CHEMICKÁ ANALÝZA	62
7.4.1	Stanovení pH	63
7.4.2	Stanovení obsahu sušiny	63
7.4.3	Stanovení amoniaku	64
7.5	VÝSLEDKY A DISKUZE	65
7.5.1	Analýza plynů v balení.....	65
7.5.2	Mikrobiologický rozbor masa	67
7.5.3	Chemický rozbor masa.....	73
7.5.3.1	Výsledky měření pH	73
7.5.3.2	Výsledky měření obsahu sušiny	75
7.5.3.3	Výsledky stanovení amoniaku	77
	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	82
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	91
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	95
	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

ÚVOD

Drůbeží maso je celosvětově velmi populární potravinou a lze říci, že dochází v mnoha zemích světa ke zvyšování jeho spotřeby. Důvodem tohoto trendu jsou především relativně nízké výrobní náklady, nízký obsah tuku drůbežního masa a zároveň jeho vysoká nutriční hodnota. Vzhledem k tomu, že drůbeží maso je surovinou rychle podléhající zkáze, je hlavním cílem odvětví, které se zabývá jeho zpracováním, především prodloužení doby trvanlivosti drůbežích produktů, a tím zajištění bezpečné a hygienické údržnosti masa.

Prodlužování trvanlivosti potravin je činnost, kterou se lidstvo zabývá po tisíce let. Ačkoliv spousta tradičních metod je využívána dodnes, největšího rozmachu v této oblasti bylo dosaženo až počátkem 19. století. Jedním ze způsobů k zajištění delší trvanlivosti, vysoké senzorické hodnoty i mikrobiologické nezávadnosti je balení do obalů s upravenou, respektive modifikovanou atmosférou (MAP). Jedná se o technologii, při které je v okolí produktu vytvořena plynná atmosféra odlišná od složení vzduchu, čímž lze dosáhnout zpomalení nebo úplného zastavení nežádoucích pochodů v mase, a tím zlepšení jakosti masa. Jádrem technologie je kombinace koncentrací různých plynů v souladu s příslušnou potravinou. Hlavními komponenty plyných směsí jsou nejčastěji oxid uhličitý, kyslík a dusík. Vytlačení kyslíku lze zabránit nežádoucím oxidačním reakcím. K jeho vytěsnění z balení a nahrazení inertním plynem je využíván dusík. Oxid uhličitý má v koncentracích nad 15 % bakteriostatický účinek, čímž je docíleno delší údržnosti masa.

Potraviny zabalené v MAP mají až několikanásobně delší trvanlivost oproti produktům, kde tento typ balení není aplikován. Jedná se o velmi přirozený způsob uchovávání potravin, díky němuž je možná distribuce s využitím co nejmenších úprav a bez přídavku umělých konzervačních látek.

Tato diplomová práce se v experimentální části snaží zhodnotit výhody i nevýhody MAP, z pohledu chemické a mikrobiologické analýzy, v porovnání s vakuovým balením masa a zároveň poskytnout srovnání s odbornou literaturou.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA A VÝZNAM MASA

Maso je součástí výživy člověka po dobu nejméně dvou milionů let. Je považováno za velmi vhodnou potravinu, především pro své dobré senzorycké vlastnosti, bohatou škálu možných kulinářských úprav, a především je bohatým zdrojem živin. Primární význam je shledáván zejména v obsahu plnohodnotných bílkovin, kdy aminokyseliny jsou využívány pro růst a obnovu buněk. Dále je třeba poukázat na maso jako koncentrovaný zdroj esenciálních mikronutrientů [1].

Poměr čisté svaloviny k méně hodnotným kostem, vazivu a tukové tkáni určuje výživovou hodnotu masa. Výživová hodnota samotné svaloviny pak závisí na poměru obsahu vody a sušiny.

Jako maso jsou označovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě a o jejich použitelnosti bylo rozhodnuto podle zvláštního právního předpisu. Masem čerstvým je označováno maso s výjimkou masa drůbežního, včetně masa baleného vakuově nebo v ochranné atmosféře, které nebylo uchováno jiným ošetřením než chlazením, zmrazením nebo rychlým zmrazením. Čerstvé drůbeží maso je samostatná skupina, pro kterou však platí stejné podmínky jako pro maso čerstvé.

Masným výrobkem lze označit takový, který obsahuje jako převažující základní surovinu maso a musí být přitom z řezné plochy zřejmé, že pozbyl znaků charakteristických pro čerstvé maso [2, 3].

Drůbežím masem je označováno maso z drůbeže, zejména kuřat, slepic, kachen, hus, krůt nebo perliček. V konkrétním případě masa kuřecího jde o maso kura domácího ve stáří nejvýše tři měsíců [4].

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, je drůbež definována jako domácí drůbež včetně ptáků, kteří nejsou považováni za domácí, ale jsou chováni jako domácí zvířata, s výjimkou běžců [3].

Drůbež zahrnuje prakticky všechny domestikované ptáky, kteří poskytují maso, vejce a peří, které lze rozdělit na drůbež:

- hrabavou – slepice, kuře, krocan, krůta, perlička, páv
- vodní – kachna, husa, holubi

Podle převažujícího druhu masa se dělí drůbež na:

- drůbež s bílým masem – kuřata, slepice
- drůbež s tmavým masem – husy, kačeny [5].

1.1 Charakteristika drůbeže

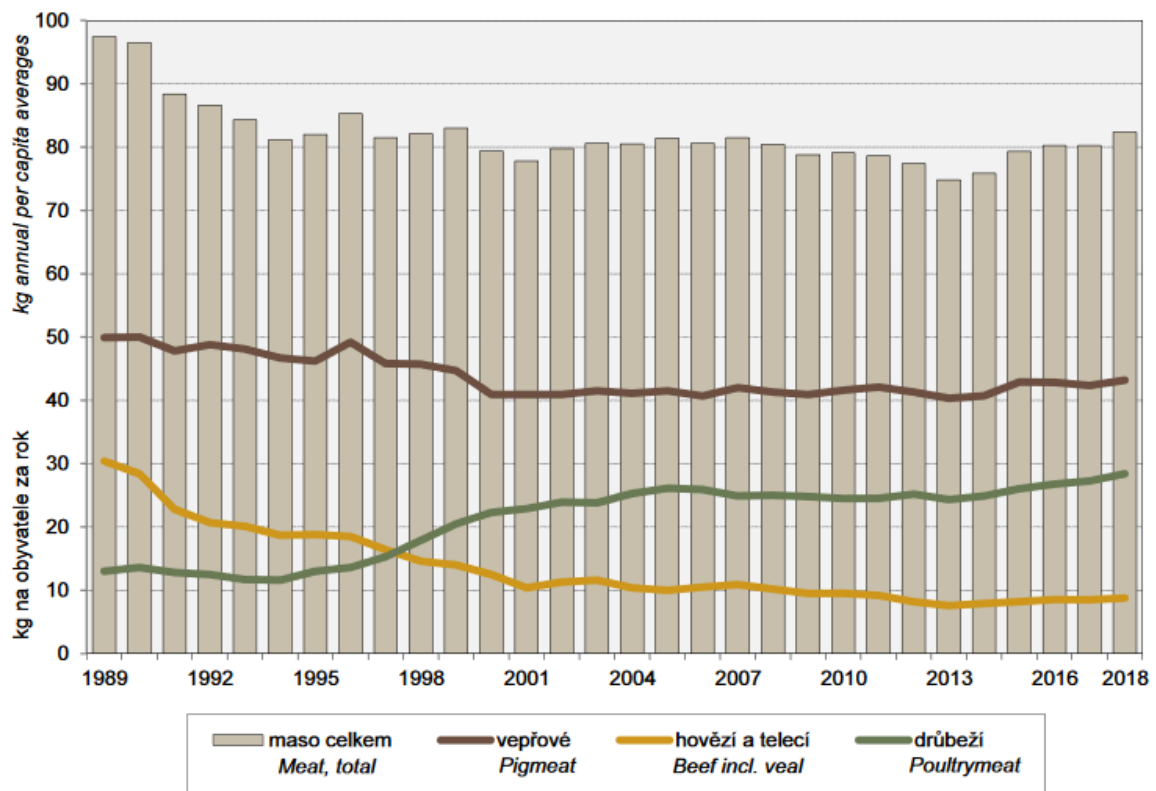
Nejvýznamnějším představitelem drůbeže je kur domácí, kdy slepice zajišťují prakticky veškerou produkci vajec, a kuřata lze považovat za největší zdroj drůbežního masa. Lehká nosná plemena jsou vhodná především pro snůšku vajec a vyznačují se nízkou produkcí masa horší jakosti. Plemena s kombinovanou užitkovostí byla vyšlechtěna křížením ve snaze dosáhnout oboustranného užitku. Těžká masná plemena se vyznačují vysloveně masnou užitkovostí.

Maso krůt díky svým vynikajícím chuťovým a výživovým vlastnostem naplňuje všechny požadavky správné výživy. Kachny jsou určeny především pro produkci masa a lze u nich docílit dvojí jateční zralosti, kdy maso v první jateční zralosti se vyznačuje jemností a šťavnatostí a druhá jateční zralost poskytuje maso s vyšším obsahem tuku. Husy zajišťují vedle hodnotného masa také velmi kvalitní sádlo. Husí játra jsou využívána jak při kulinárním zpracování, tak při výrobě paštik. Za hospodářsky využívanou drůbež můžeme považovat také další ptačí druhy jako perličky, bažanty, křepelky, pštrosy nebo holuby [6, 7].

1.2 Spotřeba a produkce masa

Podle údajů OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) bylo dosaženo celosvětově průměrné spotřeby masa v roce 2017 na jednoho obyvatele 34,3 kg. Největší podíl byl zaznamenán u masa drůbežního (14,0 kg), téměř v těsném závěsu bylo vepřové (12,2 kg), následovalo hovězí (6,4 kg) a skopové (1,7 kg). Ve spotřebě masa existují mezi státy a regiony světa rozdíly v závislosti na odlišnostech v životní úrovni, příjmech nebo náboženském vyznání. Nejvíce masa na obyvatele bylo zkonsumováno v USA (98,3 kg) a nejméně ze sledovaných zemí bylo zaznamenáno v Indii (3,3 kg). Pro rok 2017 byla spotřeba masa v České republice vyjádřena hodnotou 80,3 kg, což v porovnání s rokem předchozím představuje navýšení o 1,8 %. Uvedené hodnoty vyjadřují spotřebu v hodnotě tzv. masa na kosti, která se rovná ekvivalentu váhy jatečně upravených těl u masa domácích kopytníků. Vnitřnosti jsou zahrnuty ve spotřebě jednotlivých druhů mas a samostatný údaj

je uveden jako doplňující informace. Drůbeží maso je uvedeno v hodnotě tzv. kuchařské váhy, což odpovídá hmotnosti drůbeže po vyjmutí orgánů na jatkách [8, 9].



Obr.1. Graf spotřeby masa v hodnotě na kosti [10]

Za všeobecný jev současnosti lze považovat stále se zvyšující oblibu drůbežího masa, jak je patrné z výše uvedeného grafu spotřeby masa (Obr. 1.), na úkor hlavně masa hovězího, ale i jiných druhů mas. Dochází především ke zvýšení spotřeby masa kuřat a krůt, v Evropě je možno pak sledovat zvýšený zájem i o kachny a perličky, v Rakousku a Německu také o husy. Hlavními důvody tohoto trendu jsou:

- výborné dietetické vlastnosti kuřecího a krůtího masa
- snadná a rozmanitá kuchyňská úprava
- široký sortiment porcované drůbeže
- obava z konzumace hovězího a ovčího masa v souvislosti s BSE
- konzumace bez náboženských nebo filosofických omezení
- nízká cena a pružnost nabídky a poptávky
- krátká doba výkrmu a tím krátká doba možné akumulace cizorodé látky
- nízká potřeba zemědělské půdy na 1 kg drůbežího masa ve srovnání s hovězím a vepřovým masem [11, 12].

V roce 2018 bylo v České republice dle ČSÚ vyprodukováno 447 010 t masa, což v porovnání s předchozím rokem představuje navýšení produkce o 2,1 %. Produkce vepřového masa dosáhla hodnot srovnatelných s rokem 2017, u hovězího masa došlo ke zvýšení o 5,7 % a u drůbežího masa o 3,4 % oproti roku 2017 [8].

Tab.1. Produkce a spotřeba drůbežího masa v EU v letech 2016 – 2018 (1000 t JUT) [13]

	2016	2017	2018	2019
Hrubá produkce [t JUT]	14 503	14 576	15 556	15 565
Dovoz – včetně živých zvířat	884	791	803	832
Vývoz	1 556	1 540	1 602	1 636
Spotřeba	13 831	13 827	14 457	14 761
Spotřeba [kg/osoba/rok]	23,8	23,8	24,8	25,2

1.3 Stavba a fyzikálně-chemické parametry masa

Struktura masa je tvořena buňkami uspořádanými do tkání. Jedná se o soubory buněk funkčně i morfologicky stejných, mající společný původ. Živočišné buňky vytvářejí čtyři hlavní druhy tkání:

- epitelové
- pojivové
- svalové
- nervové.

Epitelové tkáně pokrývají zejména povrch těla a dále trávicí a jiné ústrojí. Pojivové tkáně jsou přítomny v chrupkách a kostech, pojivovou tkání je rovněž tuková tkáň. Svalové tkáně zajišťují pokrytí kostí a jsou stavebním materiálem vnitřností. Nejvýznamnější nervovou tkání je centrální nervová tkáň (mozek). Ke své spotřebě člověk využívá téměř všechny tkáně živočichů, zejména tkáň svalovou [6, 14].

Chemické složení masa je obtížné jednoznačně charakterizovat. Je nutno vzít v úvahu druh masa, jeho úpravu a zpracování i intravitální a technologické procesy výroby. Odlišné složení vykazuje čistá svalovina, zbavená extramuskulárního tuku, šlach a povázek, pokud ji

srovnáme s průměrným masem (svalovinou včetně mezisvalového tuku) nebo ve srovnání s jatečně opracovaným masem.

Samotná libová svalovina je složena z:

- vody
- bílkovin
- tuků
- minerálních látek
- vitamínů
- extraktivních látek [6].

Hlavní a z nutričního hlediska nejcennější složkou jsou bílkoviny myogen a myosin svalových vláken, které patří mezi bílkoviny lehce stravitelné a plnohodnotné, na rozdíl od bílkovin vazivových tkání, šlach a chrupavek – kolagenu a elastinu, jež jsou považovány za neplnohodnotné. Důležitým kritériem je poměr obsahu vody a bílkovin, které je označováno jako Federovo číslo. U syrového masa bývá poměrně stálé a má hodnotu přibližně 3,5. Další podstatnou složkou je tuk, jehož obsah v mase se obvykle pohybuje mezi 20 – 30 %, u vykrmených vepřů až 60 % [6].

1.3.1 Drůbeží svalovina

Maso hrabavé drůbeže je řazeno mezi nízkoenergetické druhy masa a energetickou hodnotu drůbeže lze ještě snížit odstraněním kůže [7].

K lidské spotřebě je využívána především kosterní svalovina, včetně kůže a také droby. U vodní drůbeže je zpracovávána také krev a tuk. Mezi hlavní masité části drůbeže lze přiřadit svaly hrudi a svaly stehna a lýtka. Bílá svalová vlákna jsou tlustší než červená, obsahují více bílkovin, více glykogenu, vyznačují se rychlou kontrakcí a anaerobním metabolismem. Ve svalovině červené je vyšší obsah sarkoplazmy a svalových barviv, související s aerobním metabolismem svalu [11].

Za základní složky masa drůbeže lze považovat vodu, bílkoviny a lipidy, dále maso obsahuje nebílkovinné dusíkaté látky, vitaminy, sacharidy, organické kyseliny aj. Zastoupení jednotlivých složek u některých druhů drůbeže je uvedeno níže v tabulce chemického složení (Tab.2.) [7].

Tab.2. Chemické složení masa u různých druhů drůbeže [15]

Drůbež	Voda [%]	Bílkoviny [%]	Tuky [%]	Minerální látky [%]
Kuře	73,3	22,5	3,2	1,0
Slepice	70,9	21,4	6,8	0,9
Kachna	66,8	24,0	8,0	1,2
Husa	59,4	16,9	22,8	0,9
Krůta	75,0	21,6	2,4	0,9

Voda jako nejvíce zastoupená složka je důležitá především pro svůj technologický a senzorycký vliv. Její množství je ovlivněno obsahem tuku a bílkovin v mase. Drůbeží maso se vyznačuje vysokým obsahem plnohodnotných bílkovin, nižším podílem vaziva a nižším obsahem tuku. Bílkoviny jsou zdrojem dusíku a jejich plnohodnotnost je dána obsahem esenciálních aminokyselin, a to ve vyváženém vzájemném poměru z hlediska jejich využití pro stavbu tělních bílkovin pro člověka. Drůbeží tuk lze charakterizovat vyšším zastoupením esenciálních mastných kyselin v porovnání s tukem velkých hospodářských zvířat, což je považováno z hlediska výživy člověka jako příznivé, avšak z technologického pohledu je tímto zvyšováno riziko oxidace [7, 16].

Z extraktivních bezdusíkatých látek se jedná především o sacharidy, předně polysacharid glykogen, který má velký význam v procesu zrání drůbežího masa. V malém množství jsou zde přítomny také glukosa, ribosa, manosa a jejich estery.

V mase převládají vitaminy hydrofilní povahy, lipofilní jsou pak zastoupeny ve větší míře zvláště ve vnitřnostech. Drůbeží maso je dobrým zdrojem vitaminů skupiny B. Vysoký je hlavně obsah niacinu a vitamínu B₆. U minerálních látek lze zmínit zejména jejich podíl na udržování osmotického tlaku a elektrolytické rovnováhy buněk a tkání. Regulují procesy kontrakce svalů spolupůsobením iontů Mg²⁺ a Ca²⁺ s aktinem, myosinem a ATP. Nutričně je z minerálních látek nejvíce hodnocen obsah železa, vápníku a fosforu [7, 11].

1.4 Vlastnosti masa

Vlastnosti masa jsou dány jeho chemickým složením a stavbou svaloviny. Mezi základní vlastnosti patří především:

- barva
- vaznost
- křehkost
- chutnost.

Výše uvedené vlastnosti jsou nejvíce ovlivněny hodnotou pH masa. Kvalitu masa určují dva základní faktory – rychlost poklesu hodnot pH ve svalech a dále konečná hodnota pH dosažená postmortem. Technologie balení masa se používá po porážce a nemá tudíž přímý vliv na pH čerstvě poraženého masa. Proto by měla být navržena účinná strategie balení masa, aby se pH masa udržovalo v optimálním rozmezí [17, 18].

1.4.1 Barva masa

Barva je jedním z nejvýznamnějších faktorů rozhodujících o koupi a konzumaci potravin, podle kterého spotřebitel posuzuje kvalitu a čerstvost masa. Je dána především obsahem hemových barviv, myoglobinu a hemoglobinu. Myoglobin jako svalové barvivo je využíván k zásobení kyslíkem ve svalech a krevní barvivo hemoglobin je schopen zprostředkovat přenos kyslíku z plic do svalů [6, 19].

Obsah hemových barviv v masech živočichů je vyjádřen hodnotou 100 – 10000 mg/kg a je ovlivněn intravitálními vlivy, které je možno charakterizovat jako vlivy, které působí na zvíře během života. Podíl krevního barviva je závislý na míře vykrvení zvířete. Čím je vyšší obsah myoglobinu, tím je barva masa tmavší. Maso drůbeže i ryb se vyznačuje světlou barvou, oproti zvěřině, hovězímu a koňskému masu, vzhledem k nízkému obsahu hemových barviv [20].

Během skladování a zpracování masa je myoglobin reverzibilně přeměňován na oxy-myoglobin nebo metmyoglobin v přítomnosti nebo nepřítomnosti kyslíku, což má za následek různé barvy masa. Nejdůležitější změnou barvy je bezpochyby ztráta zarudnutí masa způsobená tvorbou metmyoglobinu a tvorba zeleného sulfmyoglobinu způsobená bakteriální kazivostí, například u vakuového balení s mírnou propustností kyslíku v obalovém materiálu [17].

V čerstvém mase jsou přítomny redukující látky, které nepřetržitě redukují metmyoglobin na myoglobin. Po oxidaci redukujících látek je postupně pod povrchem masa tvořena vrstva metmyoglobinu a časem celý povrch masa zhnědne. Hnědnutí je tudíž indikátorem čer-

stvosti masa. Při obsahu metmyoglobinu v podílu 50-60 % z celkového množství pigmentů je důvodem nahnědlé barvy masa. Při hodnotě více než 70 % je maso již hnědé [21].

1.4.2 Vaznost a pH u drůbežního masa

Vaznost masa je charakterizována jako schopnost poutat vodu v něm přirozeně obsaženou a zároveň přijímat a držet vodu přidanou. Nejnižších hodnot dosahuje v izoelektrickém bodě (pH 5 – 5,3), kdy bílkoviny ztrácejí schopnost reagovat, a směrem od něj prudce stoupá, v reálných systémech masa na bazické straně. Maso kuřat a krůt se vyznačuje nízkou tučností a vysokým obsahem plnohodnotných bílkovin, což je předpokladem dobré vaznosti masa. Rovněž vyšší hodnoty pH drůbežního masa přispívají k jeho poměrně dobré vaznosti. Stehenní svalovina kuřat vykazuje po porážce hodnotu pH 6,4 s mírným zvyšováním na hodnotu pH 6,6, v porovnání se svalovinou prsní, u které lze po porážení zaznamenat pH 6,3 s postupným snížením na pH 5,8 [11].

Pro stanovení pH masa je měřena konečná (ultimativní) hodnota pH, pro kterou se používá označení pH_{ult} . Tuto konečnou hodnotu pH lze považovat za hlavní faktor odpovídající za barvu drůbežního masa [22].

Hodnota pH je jednou z velmi významných fyzikálně chemických veličin vyznačující míru zásaditosti a kyselosti masa, kterou je možno stanovit koncentrací vodíkových iontů. pH má vliv na vaznost masa, tedy na schopnost masa poutat vodu, což je jedna z nejdůležitějších technologických vlastností masa [23, 24].

Z dalších faktorů majících vliv na vaznost lze zmínit obsah solí, průběh posmrtných změn nebo rozmělnění masa [11].

Svalové pH u živého zvířete je neutrální, ale po porážce se stává kyselým (<7), což je způsobeno přeměnou glykogenu na kyselinu mléčnou prostřednictvím glykolýzy. 24 hodin po porážce nestresovaných zvířat je obvykle pH (pH 24) masa přibližně 5,5 a pH vyšší než 5,5 je považováno za výsledek vyčerpání glykogenu před porážkou. Pro zlepšení kvality a mikrobiální bezpečnosti masa je tedy důležité dosáhnout pH (pH 24) 5,5 tím, že se u zvířat zamezí vyčerpání glykogenu [17].

1.5 Zrací procesy a kažení masa

1.5.1 Zrání masa

Ve svalovině jatečných zvířat probíhají enzymové reakce látkového a energetického metabolismu, které jsou těsně spojeny s biologickou strukturou živých tkání, s jejich budováním a s fyziologickými funkcemi. Degradací pochody je získávána energie pro pochody syntetické, jakož i pro pohyb a svalovou práci. K nejvýznamnějším projevům aktivity nativních svalů patří svalová kontrakce, na níž se podílejí zejména bílkoviny aktin a myosin. Energie pro svalovou kontrakci je získávána štěpením ATP [6, 25].

Po usmrcení zvířete dochází ve svalové tkáni k řadě významných biochemických, strukturálních a funkčních změn, které mají zásadní vliv na jakost masa. Další důležité změny lze sledovat při tepelném zpracování masa a výrobě masných výrobků [14].

Změny barvy masa souvisejí s reakcemi atomu železa v hemové skupině. Už při běžné koncentraci kyslíku ve vzduchu je železo navázáno na molekulární kyslík za vzniku rumělkově červeného oxymyoglobinu, který je u vakuového typu balení rozložen na kyslík a myoglobin. Dále převládne oxidace železa a myoglobin je přeměněn na šedohnědý metmyoglobin. Tento proces lze zaznamenat rovněž při skladování masa, přičemž oxidace hemového barviva je zesílena oxidací tuků [7].

1.5.2 Posmrtné změny svaloviny

Tržní úspěšnost masa je ovlivňována zejména jeho kvalitou. Významnými složkami kvality masa jsou jeho sensorické, kulinární a technologické vlastnosti, které se poměrně dynamicky vyvíjejí v průběhu postmortálních biochemických změn svaloviny a její přeměny v maso.

Usmrcení jatečného zvířete je příčinou zásadní změny enzymových reakcí ve svalovině. Je zastaven přísun kyslíku a příjem potravy, snižuje se teplota tkání, mění se hodnoty pH a přerušением krevního oběhu se ve tkáních začínají hromadit metabolické produkty. To vše je provázeno změnou aktivity jednotlivých nativních enzymů v odumírajících svalových tkáních. [25].

Na rozdíl od tkání v živém organismu zvířete dochází posmrtně ve svalech pouze k anaerobní glykolýze, dokud postačují zásoby glykogenu a dokud jsou aktivní glykolytické en-

zymy. Vznikající kyselina mléčná je hromaděna ve svalových tkáních, což má za následek pokles pH svalové hmoty z původních pH 6,8 na hodnoty nižší než 5,8. Kyselé prostředí je důvodem inhibice glykolytických enzymů. Vápenaté ionty jsou schopny vyvolat reakci aktinu s myosinem za vzniku aktomyosinu a dále hydrolyzu ATP na ADP a fosfát. Ve svalovině je hromáčen aktomyosin, sval je zkrácený a dochází k posmrtnému ztuhnutí, označovanému jako rigor mortis. Maso je charakterizováno nízkým pH, zvýšenou údržností, ale je negativně ovlivněna vaznost masa a maso není vhodné ke kulinární úpravě [14].

Stadium prea rigor je označováno také jako tzv. teplé maso a předchází rigoru mortis. Fázi posmrtných změn, kdy lze pozorovat uvolnění svaloviny, zlepšení vlastností masa a následuje po rigoru, je zrání masa. Maso křehne působením proteáz aktivovaných okyselením masa. Kyselina mléčná se postupně odbourává, aktinomyosinový komplex disociuje na výchozí bílkoviny, zvyšuje se vaznost svaloviny a ta nabývá měkčí a křehčí konzistence. Rovněž dochází k omezení činnosti mikroorganismů, čímž je zvyšována trvanlivost masa. Zrání masa při delším skladování přechází v hlubokou autolýzu, která je posledním stadiem posmrtných změn. Hluboká autolýza je provázena rozkladem bílkovin ve větší míře, hydrolyzou tuků a nepříjemnou chutí, která se stává nepříjemnou, a je často provázena mikrobiálním napadením [7, 25].

Průběh postmortálních změn u drůbežího masa je odlišný v porovnání se změnami velkých hospodářských zvířat. Průběh autolýzy je podstatně rychlejší a lze vnímat rozdíl mezi autolýzou stehenní a prsní svaloviny. V bílých vláknech drůbeže je obsažen glykogen ve větším množství, což oddaluje nástup rigoru mortis. Čím je jeho obsah vyšší, tím je maso křehčí. Krutí maso se ponechává minimálně 12 hodin zrát ve zchlazeném stavu a zrání je doporučeno i u ostatní celé drůbeže po dobu 4 až 8 hodin [11].

1.5.3 Proteolýza

Proteolýza (kažení) je rozklad bílkovin, který je způsoben mikroorganismy a mikrobiálními enzymy. Lze ji pozorovat ve svalovině zvířat po porážce a v mase souběžně s autolýzou, ale probíhá odlišnou rychlostí a v rozdílné intenzitě. Oba typy změn se vyznačují opačnou dynamikou svého průběhu. Autolytický proces je ubýváním aktivity nativních enzymů zpomalován, kdežto proteolýza postupně nabývá na intenzitě. Autolýza vykazuje největší intenzitu ihned po porážce a dále její intenzita klesá. Zatímco proteolýza se v počátečním postmortálním období neprojevuje, poněvadž svalovina zdravých a v dobré kon-

dici poražených zvířat je prakticky sterilní. Nadto přirozené okyselení svaloviny kyselinou mléčnou činí maso odolným proti napadení mikroorganismy, které postupně kontaminují maso zvenčí. Teprve postupné odbourávání kyseliny mléčné a vzestup hodnoty pH masa nad 6,20 umožňují rozvoj mikroflóry nejdříve lineární a později geometrickou až exponenciální řadou. Proteolýza masa znehodnotí maso pro potravinové využití od bodu označovaného jako index hniloby projevující se zápachem, oslizením, změnou barvy v šedohnědou a zvýšením počtu mikroorganismů. Normální postup kažení masa je od povrchového oslizení, přes povrchovou hnilobu až k hluboké hnilobě. Zvláštními formami kažení masa jsou: zapaření masa, ložisková hniloba, kažení masa od kosti [11, 25].

1.6 Amoniak jako hygienický parametr

Amoniak ve formě aminoskupiny je součástí mnoha významných sloučenin. Příkladem jsou základní stavební jednotky proteinů, aminokyseliny. Z aminokyselin se aminoskupina uvolňuje procesem zvaným deaminace. NH_3 je vysoce toxický pro organismus, zvláště pak pro centrální nervovou soustavu, což je důvodem proč musí být v organismu transportován krví ve formě netoxických transportních forem amoniaku, např. aminokyseliny alaninu, glutaminu nebo ve formě močoviny. Jejich hlavní úlohou je zajistit transport amoniaku pro potřeby různých reakcí a jeho transport do jater, kde dochází k deaminaci a přeměně amoniaku na močovinu, která je následně vyloučena z těla močí.

Patologicky vzniká amoniak ve svalech v procesu kažení masa a lze jej považovat za významný ukazatel čerstvosti masa. Jeho zvyšující se obsah je nežádoucí z hlediska zdravotní nezávadnosti a jakosti potravin. Podle obsahu amoniaku (stanoveného dle Conwaye) je možné rozdělit maso do kategorií čerstvosti, které jsou vyjádřeny v následující tabulce (Tab.3) [26]

Tab.3. Kategorie čerstvosti masa dle obsahu amoniaku [26]

Maso	Obsah amoniaku [mg/kg]
čerstvé	120 - 170
dosud nezávadné	170 - 250
podezřelé	260 - 300
začínající rozklad	310 - 350
zkažené	> 360

1.7 Oxidativní změny potravin

Za hlavní příčinu zhoršování kvality masa i masných výrobků, která se projevuje nepříznivými změnami v chuti, barvě, struktuře a výživové hodnotě s možnou produkcí toxických sloučenin, lze označit oxidaci lipidů. Jedná se o komplexní proces, při kterém nenasycené mastné kyseliny reagují s molekulárním kyslíkem prostřednictvím mechanismu volných radikálů za tvorby peroxidů [17].

Mechanismus tukových oxidací je mnohostranný. Nejzávažnější změny potravin způsobuje autooxidace, která je zároveň nejrozšířenější reakcí. Lze ji definovat jako autokatalytickou oxidaci nenasycených mastných kyselin vzdušným kyslíkem. Její průběh je rychlejší a účinnější u tuků, které již byly alespoň zčásti hydrolyzovány lipázami na volné mastné kyseliny a glycerol. Za běžných teplot jsou oxidovány pouze nenasycené mastné kyseliny, u nasycených kyselin je třeba teplot nad 100 °C [23].

Po primární autooxidaci následuje řada sekundárních reakcí, které vedou k degradaci lipidů a rozvoji oxidačního žluknutí, provázeného zhoršením chuti, snížením nutriční a texturní hodnoty a tvorbou látek s toxickým účinkem. Hlavními sekundárními produkty oxidace lipidů jsou aldehydy a ketony, které již v nízkých koncentracích jsou schopny senzorycky znehodnotit potravinu.

Rychlost i povaha oxidace lipidů je ovlivněna teplotou i složením tuků. Nejsnáze podléhají oxidaci rybí lipidy pro svůj vysoký obsah nenasycených mastných kyselin. Dále následují lipidy drůbežího masa a nakonec lipidy vepřového a hovězího masa.

Z pohledu technologie balení je nejvhodnějším preventivním opatřením proti oxidačnímu poškození odstranění vzduchu, například zabalením syrového masa do fólií nepropustných pro kyslík, vakuovým balením nebo balením v modifikované atmosféře, popřípadě přidáním inhibitorů do obalových materiálů [17, 23].

Jedním z hlavních biochemických parametrů míry lipoperoxidace a posouzení účinků oxidativního stresu je malondialdehyd (MDA), jehož primární zdrojem je peroxidace nenasycených mastných kyselin řady PUFA. V organismu způsobuje zesíťování a polymeraci proteinů nebo nukleotidů s následnou mutací. K vyjádření obsahu aldehydů, zejména malondialdehydu, je používáno thiobarbiturové číslo (TBA), které je vhodné ke sledování střední fáze žluknutí, pokud tuk obsahuje polyenové mastné kyseliny.

Ke stanovení malondialdehydu se nejčastěji využívá metody reakce MDA s kyselinou thiobarbiturovou, kterou vzniká červený komplex MDA : TBA v poměru 1 : 2. Metoda je založená na stanovení barevných změn, vznikajících reakcí produktů lipidní peroxidace s kyselinou thiobarbiturovou, které jsou kvantifikovány spektrofotometricky [26].

1.7.1 Oxidace hemoglobinu a myoglobinu

Svalové i krevní barvivo je schopno adovat kyslík, aniž by došlo ke změně jeho podstaty. Oxygenací vzniká oxymyoglobin a oxyhemoglobin a železo v hemu zůstává dvojmocné. Adice je následně vystřídána oxidací myoglobinu za vzniku šedohnědého zbarvení met-myoglobinu. Obdobná změna je sledována rovněž u hemoglobinu. Oxidace myoglobinu velmi významně ovlivňuje senzorické vlastnosti masa, a proto pro zachování červené barvy masa jsou aplikovány dusitanové a dusičnanové soli za vzniku růžovočervené barvy nitroxymyochromu [23].

1.8 Mikrobiologie masa

Ve vztahu k lidskému zdraví lze nežádoucí mikroorganismy rozdělit na:

- choroboplodné (patogenní) – mohou vyvolat onemocnění přímo nebo produkcí toxinů, např. *Salmonella enteritidis*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni*
- podmíněně patogenní – patogenní účinek lze vyvolat za určitých podmínek
- nepatogenní (obecná mikroflóra) – škodí svým počtem tím, že rozkládají potraviny [11, 23].

Potraviny představují téměř ideální živnou půdu pro rozvoj mikroflóry. Jestliže potravina není na konci technologického procesu dokonale sterilní a asepticky zabalena, pak se zpravidla reziduální mikroflóra, v ní obsažená, začne rozmnožovat. Produkty mikrobiálního rozkladu, které vznikají z živin obsažených v potravine, jsou v prvotních fázích příčinou senzorických změn, ale později způsobují úplné znehodnocení potravin [4].

Maso lze zařadit k potravinám rychle podléhající zkáze díky jeho chemickému složení, příznivé hodnotě aktivity vody i díky hodnotě pH. Na čerstvém mase snadno dochází k množení mikroorganismů a jejich počet brzy dosahuje hodnot, které vedou ke zkažení masa. Maso drůbeže, stejně jako ryb, je typickým příkladem neúdržné potraviny a lze u něj velmi rychle pozorovat mikrobiální kažení [23, 27].

Počáteční stav mikrobiálního zastoupení je závislý na fyziologickém stavu zvířete v okamžiku porážky, na stupni kontaminace prostředí nebo stavu hygieny zařízení nebo pracovníků [28].

Bakterie vyvolávající kažení masa potřebují pro svůj růst sloučeniny, jež jsou obsaženy ve svalech, především pak glukosu a aminokyseliny. Obsah glukosy v mase je limitujícím faktorem určujícím vztah mezi rozvojem mikroorganismů jako původců kažení masa a dobou, kdy je kažení zahájeno [29].

Mikroorganismy nacházející se v mase mohou být člověku také prospěšné. Z technologie masa lze uvést působení mikroflóry láku a jejich enzymů při nakládání masa nebo využití startovacích kultur při výrobě fermentovaných trvanlivých salámů [23].

Z hlediska zdravotní nezávadnosti potravin lze považovat za rozhodující druhové zastoupení přítomné mikroflóry. Zatímco přítomnost některých druhů v potravinách je možné do určité míry tolerovat, výskyt patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů je považován za zdravotní riziko. Potravinu uvedenou do oběhu musí vyhovovat stanoveným mikrobiologickým požadavkům, což představuje tolerované a mezní hodnoty počtu mikroorganismů ve stanoveném počtu odebraných vzorků. V níže uvedené tabulce (Tab.5.) jsou uvedeny mezní hodnoty počtu mikroorganismů některých bakteriálních původců onemocnění z potravin a původců kažení potravin [4, 23].

Na čerstvém nebaleném mase lze zaznamenat výskyt především těchto bakterií:

- *Acinetobacter*
- *Pseudomonas*
- *Brochothrix thermosphacta*
- *Flavobacterium*
- *Enterobacteriaceae*
- BMK [30].

Tab.4. Růstové vlastnosti původců kažení masa při chladírenských teplotách [31]

Mikroorganismus	Požadavek k O ₂	Požadavek k pH	Citlivost k CO ₂	Potenciál ke kažení masa
<i>Pseudomonas</i>	striktně aerobní	žádný	vysoká	vysoký
<i>Acinetobacter/ Moraxella</i>	striktně aerobní	žádný	vysoká	nízký
<i>Enterobacteriaceae</i>	fakultativně anaerobní	pH < 5,8 – žádný růst za anaer. podm.	střední	vysoký
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	fakultativně anaerobní	pH < 5,8 – žádný růst za anaer. podm.	střední	vysoký
BMK	aerotolerantně anaerobní	žádný	nízká	nízký
psychrotolerantní klostridie	striktně anaerobní	žádný	nízká	vysoký

Vakuové balení nebo balení v modifikované atmosféře (MAP) je preferováno zvláště anaerobními bakteriemi včetně bakterií mléčného kvašení (BMK) a *Brochothrix thermosphacta*. V prostředí modifikované atmosféry jsou vysoce konkurenceschopné především BMK a jsou zastoupeny zejména bakteriemi *Lactobacillus sakei* a *Leuconostoc mesenteroides*. Kažení vakuově baleného masa je vyvoláváno také psychrotrofními klostridii [29, 32].

Balamatsia a kol. [33] uvádějí, že dominantní mikroflóru u kuřecího masa skladovaného v prostém balení představují především pseudomonády a *Enterobacteriaceae*. Růst pseudomonád, který vyvolává kažení masa, lze potlačit aplikací oxidu uhličitého. Přítomnost vysokého obsahu CO₂ však vytváří vhodné prostředí pro růst anaerobních mikroorganismů, jako bakterií mléčného kvašení a již zmíněného *Brochothrix thermosphacta*. Tyto jsou schopny růstu při nízkých teplotách v atmosféře bohaté na CO₂ [34].

Brochothrix thermosphacta má hlavní zastoupení při použití atmosféry s 20 % CO₂ v kombinaci s 80 % O₂, stejně tak s obsahem 100 % N₂ v ochranné atmosféře. Jeho růst lze potlačit v atmosféře obsahující vyšší množství CO₂ doplněné o nízkou koncentraci oxidu uhelnatého (0,5 %) [35].

Drůbeží maso je významným zdrojem mikroorganismu *Campylobacter*, který je příčinou bakteriální gastroenteritidy. Pro skladování drůbežího masa v ochranné atmosféře je využívána 40-100% koncentrace CO₂ vyvážená dusíkem.

Autoři Meredith a kol. [36] uvádějí jako optimální plynou směs pro dosažení redukce obsahu *Campylobacter* a zároveň prodloužení skladovatelnosti masa poměr 40 : 30 : 30 % CO₂ : O₂ : N₂. Přičemž dojde k dosažení skladovatelnosti delší než 14 dnů.

Legislativní požadavky týkající se mikrobiologických kritérií na maso i jiné potraviny lze nalézt v této legislativě:

- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 294/1997 Sb. o mikrobiologických požadavcích na potraviny, způsobu jejich kontroly a hodnocení ze dne 12. prosince 1997 – platná do roku 2004 a nahrazena níže uvedeným nařízením Komise (ES)
- ČSN 56 9609
- Nařízení komise (ES) o mikrobiologických kritériích pro potraviny č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005

Tab.5. Nejvyšší mezní hodnoty počtu mikroorganismů pro potraviny určené k přímé spotřebě (maso) [27]

Mikroorganismus	Nejvyšší mezní hodnota
<i>Bacillus cereus</i>	10 ⁵ /g
<i>Clostridium perfringens</i>	10 ⁵ /g
<i>Staphylococcus aureus</i>	10 ⁵ /g
<i>Shigella spp.</i>	negat./25g
<i>Salmonella spp.*</i>	negat./25g
<i>Yersinia enterocolitica *</i> (enteropatogenní sérotypy)	negat./25g
Aerobní mezofilní mikroorganismy	10 ⁶ /g
Plísně	růst plísní viditelný prostým okem

* v některých případech může být od této hodnoty upuštěno

Ve výše uvedené tabulce (Tab.5.) jsou zaznamenány nejvyšší mezní hodnoty některých mikroorganismů pro potraviny, jež nejsou určeny k přímé spotřebě, a tedy i pro maso, které bude postoupeno dalšímu zpracování. Tabulka níže (Tab.6.) ukazuje přehled převládající mikroflóry u různých typů balení, včetně balení vakuového i MAP.

Tab.6. Dominující mikroflóra u jednotlivých typů balení potravin [23, 37]

Způsob balení	Převládající mikroflóra na mase
Prosté balení	<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Flavobacterium</i>
Vakuové balení	lactacidogenní mikroflóra, <i>Brochothrix thermospacta</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Pseudomonas sp</i>
Ochranná atmosféra: O ₂ , CO ₂ , N ₂	lactacidogenní mikroflóra, <i>Brochothrix thermospacta</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>
Ochranná atmosféra: N ₂ , CO ₂	lactacidogenní mikroflóra, <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Brochothrix thermospacta</i>
Ochranná atmosféra: > CO ₂ , O ₂	<i>Brochothrix thermospacta</i>
Ochranná atmosféra: CO ₂ , O ₂	<i>Brochothrix thermospacta</i> , bakterie mléčného kvašení
Ochranná atmosféra: 50 % CO ₂	<i>Enterobacteriaceae</i> , bakterie mléčného kvašení
Ochranná atmosféra: 100 % CO ₂	bakterie mléčného kvašení

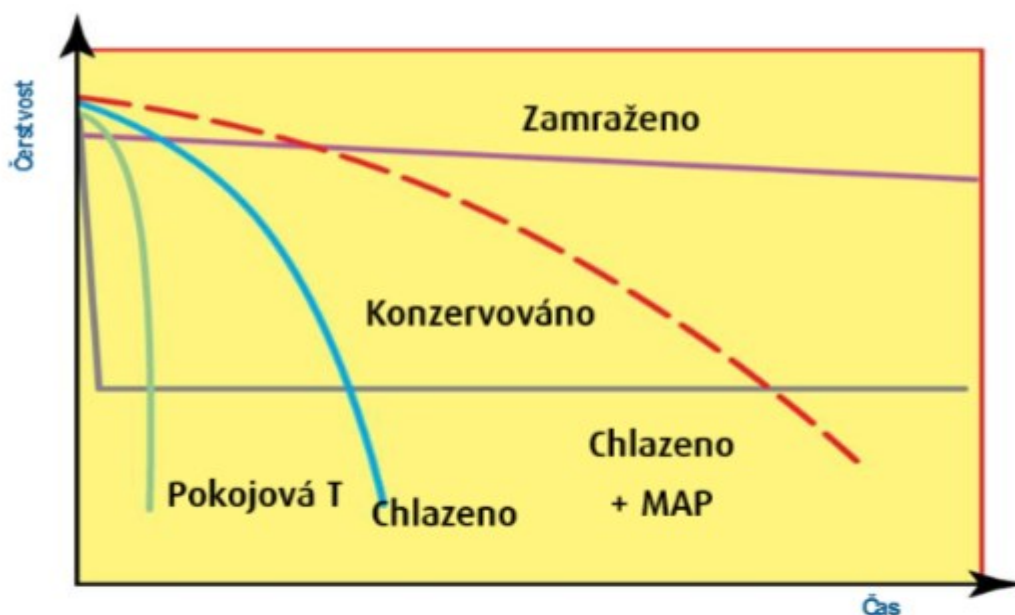
2 VÝZNAM A METODY BALENÍ MASA

Balení masa doznává v posledních letech značného rozvoje. Obalům potravin je připisována celá škála funkcí, které lze zahrnout pod některou z funkcí základních, mezi něž patří především:

- ochrana produktu proti vnějším vlivům
- možnost označení výrobku – vizuálně-komunikační funkce
- funkce při přepravě výrobku [38].

Význam balení masa z pohledu hygienického spočívá v zabránění sekundární kontaminace mikroorganismy, nečistotami a cizorodými látkami v obchodní síti a u spotřebitele, tj. od bourání masa přes transport, manipulaci v obchodě, při prodeji a cestě až ke chlazení ze strany zákazníka. Tímto základním významem jsou plněny i funkce zdravotní, tj. snížení rizika onemocnění člověka nemocemi přenosnými potravinami. Značný význam má i informační hledisko, kdy spotřebitel je prostřednictvím potisku na obalu seznámen s typem výrobku, výrobcem, datem výroby a doporučené spotřeby, cenou a v neposlední řadě dietetickou vhodností a vhodnou kulinární úpravou prodávávaného masa.

Úkolem obalu je tedy uchovat zboží v jeho nezměněné kvalitě až do doby spotřeby, prodloužení doby skladovatelnosti a docílit zachování žádoucích organoleptických vlastností [24].



Obr.2. Metody prodlužování trvanlivosti potravin [39]

Důležitost obalu nabývá na významu úměrně s tím, jak se vzdaluje místo a čas balení potravin od místa a času spotřeby produktu. Čím je vzdálenost větší, tím lze zaznamenat větší požadavky na obal z hlediska ochrany zboží, ale také z hlediska snadné manipulace. Změny v oblasti oběhu zboží (doprava, skladování, manipulace, prodej) vyvolávají potřebu nových způsobů balení. Naopak vývoj nových obalových prostředků umožňuje zdokonalovat oběh potravinových produktů [40].

Mezi hlavní požadavky spotřebitelů na potraviny a tím rovněž na potravinové obaly lze zařadit následující:

- zabezpečení vysoké výchozí kvality potravin
- prodlužování jejich trvanlivosti
- záruka bezpečnosti jejich upotřebení
- dostatek informací ohledně přípravy produktu
- podpora kupního rozhodnutí informacemi o doplňkovém využití obalu
- pohodlná přístupnost při přepravě, skladování a spotřebě v domácnosti
- jednoduchost otevírání a opětovné uzavírání obalu
- vhodné porcování nebo dávkování obsahu balení
- prezentace výrobku [41].

Podmínkou dobré údržnosti masa v jakémkoliv obalu je vysoká mikrobiální jakost masa, která se docílí za předpokladu dodržování chladírenského řetězce. Maso je třeba balit částečně vyzrálé, okyselené na hodnotu pH 6,2 – 6,0. Před balením musí být maso vychlazené na 0 – 2 °C a při této teplotě i nadále udržováno. Pro balení masa a masných výrobků platí přísné hygienické podmínky a je nutno je skladovat při chladírenské teplotě, aby se nemnožila anaerobní mikroflóra. Chlazené drůbeží maso je nutno uchovávat při teplotě pod 4 °C, droby pod 3 °C a relativní vlhkosti v rozmezí 85 – 95 % [7, 42].

2.1 Legislativní požadavky na obaly a obalové materiály

Nařízení a předpisy vztahující se k problematice balení potravin je možné rozdělit do následujících skupin:

- obecné požadavky na obaly potravin – zákon č. 110/1997 Sb., ze dne 24. dubna 1997 o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů

- zdravotní požadavky na obaly potravin – zákon č. 258/2000 Sb., ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- předpisy týkající se likvidace obalového odpadu – zákon č. 477/2001 Sb., ze dne 31. prosince 2001 o obalech a o změně některých zákonů, který je v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech
- technická normalizace – ČSN, ČSN EN, ČSN ISO
- ostatní předpisy [43].

2.2 Způsoby balení masa

Vlastnosti a údržnost baleného masa lze rozhodujícím způsobem ovlivnit prostřednictvím zvolené technologie balení masa. Při zabalení výrobku vzniká v jeho okolí určité mikroklima, které podmiňuje údržnost výrobku. Rozlišujeme tři základní způsoby balení, jejichž tematika je podrobněji zpracována v následujících kapitolách. Jedná se o:

- prosté balení
- vakuové balení
- balení v ochranné (modifikované) atmosféře [7, 24].

Jedním z typických současných trendů balení potravin je intenzivní rozvoj systémů aktivního balení, jehož principem je jednak cílená, záměrná interakce obalu a potravin, ale zejména schopnost obalu samovolně reagovat úpravou svých vlastností na změny podmínek v těsném okolí baleného produktu, a tak eliminovat nepříznivý vliv na jeho kvalitu.

Zvláštní skupinu aktivních obalů představují inteligentní obaly, které se vyznačují schopností monitorování podmínek za účelem získání informací o kvalitě balené potravin během transportu a skladování. Jsou schopny rovněž poskytovat informace o okamžitém stavu baleného produktu, což je možné prostřednictvím různých indikátorů, kterými jsou tyto vybaveny [44, 45].

2.2.1 Prosté (jednoduché) balení

Čerstvé porcované maso může být v tomto případě uloženo na polystyrenové vaničce pod fólii propustnou pro kyslík, bez toho aby byl vzduch evakuován nebo nahrazen upravenou atmosférou. Prosté balení masa chrání maso pouze před vysycháním a sekundární kontaminací, ale nijak neovlivňuje jeho údržnost, která dosahuje od uložení v prodejně ke spo-

třebě zákazníkem často pouze 3 - 4 dnů. Trvanlivost produktu pozitivně ovlivňuje jakost masa a jeho biochemický stav, ale rovněž stabilita skladovací teploty, neboť její kolísání vede ke kondenzaci vodní páry na vnitřních stěnách obalu. Spolu s uvolněnou masovou šťávou pak macerují povrch masa, který se tímto stává nevzhledným a kazící se šťáva (zvláště u misek bez absorpční schopnosti) zkracuje trvanlivost produktu. Výpar z čerstvého masa s obsahem asi 75 % vody způsobuje v obalu vysokou relativní vlhkost, která v případě nepropustnosti fólie pro vodní páru podporuje rozvoj mikroorganismů a je hlavním iniciátorem znehodnocení baleného masa. Vzhledem k tomu, že je v praxi obtížné zachovat celý chladírenský řetězec bez výkyvů teploty, je určitým řešením zmíněného stavu aplikace „antiorosovacích“ fólií, které zabraňují tvorbě kapilární kondenzace a vytvářejí na jejich polárním povrchu rovnoměrný film fixované vody. Tento typ balení je považován za balení krátkodobé a transportní a většinou slouží pro manipulaci s výrobkem od prodejce do domácnosti spotřebitele. Ve velké míře jsou takto baleny porce a plátky masných výrobků, které v této podobě a balení musí být zkonsumovány u spotřebitele do 24 hodin od krájení [24, 46, 47].

U systému prostého balení masa využívajícího fólii propustnou pro kyslík dochází během skladování k výraznému nárůstu produktů oxidace tuků. Tento typ balení není schopen udržet v průběhu skladování dlouhodobě stabilní barvu, protože po reakci se vzdušným kyslíkem vzniká hnědočervený metmyoglobin [35].

Dominantní mikroflóru u kuřecího masa skladovaného v prostém balení představují pseudomonády a *Enterobacteriaceae*. Růst pseudomonád, které vyvolávají kažení masa, je možné potlačit aplikací oxidu uhličitého [33].

Technologie prostého balení se v praxi realizuje:

- balením na podložní misky – do průtažné nebo do smrštitelné fólie
- balením do sáčků
- balením do přířezů [24].

Speciálním druhem prostého balení je balení do perforované fólie, které je vhodné především pro salámy s povrchovou plísní, vzhledem k tomu, že tyto povrchové kultury jsou aerobní mikroorganismy. Nevýhodou je neustálé vysychání výrobku, čímž se snižuje jeho hmotnost a dochází tak k ekonomickým ztrátám. Na druhou stranu výhodou je vývoj typického aroma výrobků s povrchovou plísní, což je důvodem využívání tohoto typu balení [48].

2.2.2 Vakuové balení masa

Balení masa do vakua spočívá v rovnoměrném odstranění všech plynů přítomných v okolí potraviny tak, že obsah kyslíku, který je příčinou oxidace tuků a hemových barviv, poklesne zhruba pod 1 % původního množství, čímž je zabráněno oxidaci a růstu aerobní mikroflóry. Snaha eliminovat nepříznivý vliv kyslíku a uchovávat potraviny ve vakuu byla prvním impulzem k objevu tepelné sterilace potravin [43, 48].

Vakuové balení potravin lze považovat za variantu modifikované atmosféry, neboť odstranění vzduchu z obalu je zároveň úpravou atmosféry a po počátečním odstranění většiny vzduchu biologické působení nadále mění atmosféru uvnitř obalu. Lze jej aplikovat jak pro balení čerstvého masa, tak i pro zpracované masné výrobky. Vakuově se balí především maso bez kostí ve finálních kuchařských úpravách. Při balení masa s kostí je nutné obnažené ostré hrany kostí krýt proti poškození obalu. Nachově červená barva vakuově baleného masa není považována za nevýhodu, neboť po vybalení masa z obalu na vzduchu vlivem kyslíku krátkodobě zčervená a později se barva vrací do hnědočervených odstínů [24, 49, 50].

Tento postup oproti prostému balení má výhodu v prodloužení údržnosti masa, která za předpokladu vysokého stupně jeho jakosti a minimální kontaminace mikroorganismy u zabalené potraviny je dána hloubkou evakuace a stabilitou vytvořeného podtlaku. Trvanlivost takto baleného masa lze prodloužit až na 21 a více dnů. Při nedostatečných bariérových vlastnostech použité fólie dochází k difúzi CO₂, který má lepší propustnost než kyslík, z obalu, a tím ke snížení efektu vakua. To je důvod, proč jsou pro vakuová balení využívány několikavrstevné fólie, nejčastěji pak polyamid vrstvený polyetylenem (PA/PE). Tyto lamináty mají tloušťku až 0,3 mm, jsou vysoce odolné, čímž chrání produkt rovněž před mechanickými vlivy a pro nízkou propustnost plynů jsou schopny udržet až 99% vakuum [24, 47].

Nízké hladiny kyslíku ve vakuovém balení mohou minimalizovat oxidační poškození masa a inhibovat aerobní mikrobiální růst. Zbytkový kyslík však stále může přeměnit myoglobin na deoxymyoglobin, protože pro zhnědnutí masa je třeba pouze minimální doba expozice 0,5 - 2% kyslíku [51, 52].

Nejčastějším způsobem vakuového balení je vsunutí kusu masa do vrstvené fólie v podobě sáčku a následné vložení do komorového balicího stroje, kde dojde k odsátí vzduchu a hermetickému zavaření sáčku. Druhou možností je balení na hlubokotažných balicích stro-

jích, kde je produkt umístěn do misky vytvarované teplem z tzv. spodní fólie. Následuje překrytí horní fólií, odsátí vzduchu a svaření obou fólií. Je nutné zvolit vhodnou tloušťku použité fólie, aby nebyly narušeny bariérové vlastnosti a tím ovlivněna údržnost baleného produktu [31].

Za nevýhodu této metody lze považovat stav, kdy při použití příliš vysokého vakua hrozí vytlačení tekutiny či tuku na povrch a u plátkovaných výrobků pak může dojít k jejich slepení. Právě vyšší množství uvolněné šťávy z produktu po jeho zabalení je jednou z nevýhod vakuového balení. Čím intenzivnější vakuum, tím je relativně delší předpoklad pro uvolnění tekutiny z výrobku. Tato zpočátku čirá šťáva se během skladování mléčně zakalí v důsledku pomnožení kontaminujících mikroorganismů, především pak bakterií mléčného kvašení. Tuto nevýhodu lze eliminovat novými perspektivními způsoby vakuového balení, a to tzv. „skin“ balením, jehož princip spočívá v umístění produktu na podložní misku a přebalení fólií pod vakuem při současném působení zvýšené teploty, což způsobí změknutí fólie a obepnutí výrobku. Díky zmíněnému postupu lze použít vakuum šetrněji za uvolnění menšího množství tekutiny. Tento typ balení je zaznamenán u systému Darfresh® (Obr.3.) [31, 53].



Obr.3. Schéma vakuového skin balení Darfresh® [31]

Dále je třeba zohlednit strukturu potraviny, která může být vyšším vakuem poškozena. V takových případech je nezbytné použít menší úroveň vakua, popřípadě se jeho použití zcela vyhnout [54].

2.2.3 Balení masa v ochranné atmosféře

V moderní teorii balení potravin je ochrana baleného zboží před nežádoucími oxidoredukčními změnami, ale i změnami vlhkosti, stěžejním problémem balení potravin v modifikované (modified atmosphere - MA), resp. řízené (controlled atmosphere - CA) atmosféře. Rozdíl mezi oběma pojmy modifikovaná a řízená atmosféra přitom není zcela jasně

vymezen. Výraz řízená atmosféra je používán pro uspořádání, kdy je složení atmosféry v okolí produktu upraveno na požadované hodnoty, jejichž změny jsou v průběhu dalšího skladování minimalizovány opakovanými zákroky. Koncentrace plyných složek je nastavena v celém skladovacím prostoru na stejné hodnoty. Tento způsob je typický pro skladování volně ložených produktů ve velkoobjemových skladech, ale lze zde zahrnout i některé typy spotřebitelských potravin [43, 50].

Balení do modifikované atmosféry je přirozená metoda zvyšující trvanlivost produktů, jejíž použití v mezinárodním měřítku rychle nabírá na důležitosti. Tento typ balení je postaven na znalostech vlastností potravin, plynů a balících metod. Často doplňuje i další techniky, jako je využití vysokých tlaků a mikrovln nebo absorpci kyslíku. Principem metody je úplné odstranění vzduchu a jeho nahrazení směsí plynů o přesně definovaném složení. Při použití vhodné směsi plynů je zachována vysoká kvalita a zároveň původní chuť, struktura i vzhled potraviny. Volba složení plyné směsi musí vzít v úvahu všechny použité potraviny a jejich vlastnosti. U produktů s nízkým obsahem tuku a vysokým obsahem vlhkosti je nutno především zabránit růstu mikroorganismů. Naopak jestliže má produkt vysoký obsah tuku a nízkou vodní aktivitu, je nutno především zabránit jeho oxidaci [55, 56].

I přesto, že vývoj nových obalových materiálů a rozvoj techniky určené pro balení potravin umožňuje snadnou aplikaci této atmosféry, důraz musí být také kladen na vhodný výběr obalového materiálu, jednak z hlediska bariérových vlastností, mechanické odolnosti či snadnosti utěsnění obalu pro spolehlivé udržení zvolené kombinace plynů uvnitř balení. Obal musí být velmi nízce propustný pro kyslík a jiné plyny. Dále je třeba, aby sváry nebo uzávěry byly těsné, neboť jinak plyny z obalu pronikají a kyslík vniká do obalu, a tím se mění složení atmosféry. [56, 57].

Aplikace inertní atmosféry výplachem vzduchu uvnitř obalu před uzavřením není vhodná pro porézní produkty nebo při použití obalových prostředků z napěněných polymerů. V obou případech se z potraviny nebo obalu po uzavření uvolňují plyny, které složení MA pozměňují. V případě velmi nízkých koncentrací O_2 je to pochopitelně kyslík (doporučeným řešením je použití absorbérů kyslíku), v případě vysokých koncentrací O_2 v MA (při balení čerstvého masa) působí problémy uvolňování dusíku. V obou zmíněných případech je tedy žádoucí používat obaly z nenapěněných polymerů [54].

Použití systémů MAP je pro potravinářský průmysl atraktivní, neboť existuje trend rychle rostoucího trhu s nezmrazeným chlazeným masem, hotovými pokrmy a velkoobjemovými

potravinami. Balení v ochranné atmosféře prodlužuje trvanlivost výrobků a v některých případech produkty využívající MAP nevyžadují během distribuce žádné další ošetření ani zvláštní péči [58].

Mezi hlavní přednosti tohoto způsobu balení patří především:

- průměrně trojnásobné prodloužení trvanlivosti produktů
- nižší nároky na konzervaci
- udržuje potraviny chutné a čerstvé
- potlačení kažení potravin inhibicí mikroorganismů
- zlepšení hygieny balení
- nízké náklady na balení
- atraktivita a dobrá prodejnost balení
- vyšší flexibilita balení a distribuce [55, 59].

Primární technologické vlivy, které jsou podstatné pro tento typ balení jsou naznačeny v následujícím obrázku (Obr. 4.):



Obr. 4. Základní stavební kameny technologie MAP [39]

Modifikovaná atmosféra je tvořena nejčastěji dvěma až třemi plyny, které jsou ve správném poměru používány pro zpomalení procesu stárnutí potravin a zajištění takových podmínek, které prodlužují u potravin čerstvost i kvalitu. Není však výjimkou, že prodloužení trvanlivosti u některých druhů potravin docílíme také použitím pouze jednoho plynu.

Hlavní plyny používané v tomto odvětví balení jsou:

- oxid uhličitý – pro potlačení růstu mikroorganismů

- dusík – k vytěsnění kyslíku z balení a jeho nahrazení inertním plynem
- kyslík – pro podpoření stability barvy.

Vhodně zvolenou koncentrací a kombinací výše zmíněných plynů lze dosáhnout několikanásobně delší trvanlivosti potravin v porovnání s potravinami, kde tento typ úpravy nebyl aplikován. V následující tabulce (Tab.7.) je uvedeno srovnání trvanlivosti u některých druhů masa a masných výrobků vystavených působení vzduchu při teplotě 0 – 5 °C a balených v MA, ze kterého je tato výhoda delší trvanlivosti patrná. Pro každý produkt potravinářského průmyslu je nutné použít odlišné složení atmosféry. V případě balení čerstvého hovězího i vepřového masa je zastoupení O₂ ve směsi výrazně vyšší. Optimální koncentrace O₂ se pohybuje v rozmezí 60 – 80 % ve směsi s CO₂. Působením těchto dvou plynů v bezprostředním okolí masa se vytvoří nepříznivé prostředí pro růst bakterií, trvanlivost tak můžeme prodloužit až o 8 dní. Naopak u drůbežího světlého masa je vhodná směs obsahující 70 % N₂ a 30 % CO₂ pro prodloužení trvanlivosti se zachováním vstupní kvality až o 5 dní [56, 60, 61].

Tab.7. Srovnání trvanlivosti masa a masných výrobků vystavených působení vzduchu a balených v MAP [55]

Potravina	Trvanlivost potravin při teplotě 0 – 5 °C	Trvanlivost potravin při použití MAP při teplotě 0 – 5 °C
Syrové světlé drůbeží maso	4 - 7 dny	16 - 21 dní
Syrové tmavé drůbeží maso	3 - 5 dní	7 - 14 dní
Syrové červené maso	2 - 4 dny	5 - 8 dní
Porcované tepelně upravené maso	2 - 4 dny	2 - 5 týdnů
Syrové ryby	2 - 3 dny	5 - 9 dní
Tepelně zpracované ryby	2 - 4 dny	3 - 4 týdny
Uzeniny	2 - 4 dny	2 - 5 týdnů

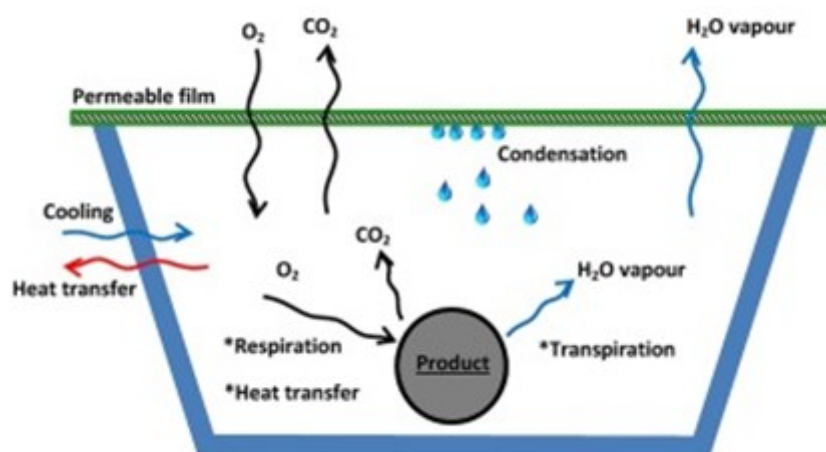
Rao a Sachindra [49] ve své práci odhadují, že trvanlivost masa a drůbeže lze pomocí MAP zvýšit o 50 – 400 % zejména proto, že CO₂ má bakteriostatický účinek na škodlivé gramnegativní mikroorganismy a koncentrací 10 – 20 % atmosféry inhibuje růst zmíněných bakterií způsobujících kažení masa.

Metoda balení potravin do modifikované atmosféry je velmi přirozený způsob uchovávání potravin, kde lze potraviny distribuovat s co nejmenšími úpravami a bez použití umělých konzervačních látek. I když základní fungování a princip této metody jsou velmi jednoduché, samotná aplikace plynů vyžaduje sofistikovaný systém, kdy je původní plyn vyloučen a nahrazen přesně definovanou směsí plynů. Neméně důležitá je i následná kontrola atmosféry ve finálním balení produktu [60].

V případě balení masa v ochranné atmosféře lze složení plynů a teplotu skladování považovat za dva důležité faktory ovlivňující kvalitu produktu a jeho trvanlivost. Stabilní nízká teplota (např. 4 °C) snižuje rychlost dýchání svalové tkáně, zvyšuje rozpustnost kyslíku na povrchu masa a může omezit růst psychrotrofních bakterií. Je potřeba se vyhnout výkyvům teploty, neboť tyto mohou být příčinou negativní bakteriální rozmanitosti masa ve srovnání se skladováním při stabilní teplotě [17].

Kameník a kol. poukázali [62] na významný vliv teploty skladování na údržnost masa v ochranné atmosféře. Zatímco při teplotách skladování 5 °C bylo maso po 9 dnech senzorycky nevyhovující s úrovní mikrobiální populace mezi 8,99 – 9,99 log CFU/g (colony forming units/gram), maso při teplotě skladování 3 °C nevykazovalo sensorické odchylky a bakteriální kontaminace byla zaznamenána minimálně o 3 logaritnické řady nižší.

Na Obr.5. níže je graficky znázorněn přehled jednotlivých jevů, ke kterým dochází v čerstvém produktu zabaleném do modifikované atmosféry a jeho okolí.



Obr.5. Grafický souhrn jevů čerstvého produktu baleného do ochranné atmosféry [63]

3 ZÍSKÁVÁNÍ TECHNICKÝCH PLYNŮ

Vzduch je směsí různých plynů, z nichž nejvíce zastoupeny jsou kyslík, dusík a argon (Tab.8.). Lze jej považovat za základní chemickou surovinu, která je v průmyslu využívána jako teplonosné a sušící médium a také zdroj kyslíku v oxidačních a spalovacích procesech. Vzduch je rovněž využíván pro výrobu již zmíněných technických plynů, tedy kyslíku, dusíku, argonu a jiných vzácných plynů.

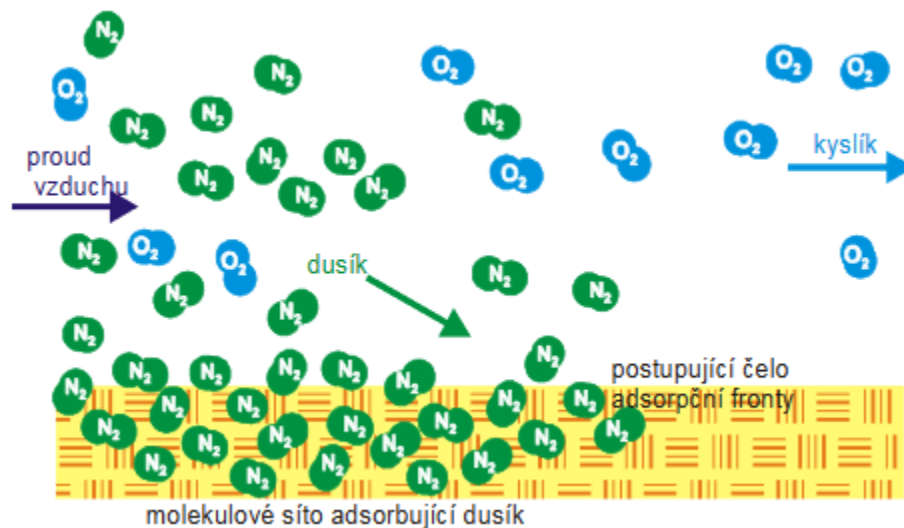
Tab.8. Složení vzduchu [64]

Plyn	Objemová %
dusík	78,00
kyslík	21,00
argon	0,93
oxid uhličitý	0,03
ostatní plyny	0,03

Plyny jsou neomezeně mísitelné, proto se k oddělení jejich směsí nejčastěji převede část plynu do kapalně nebo pevné fáze. Jinou možností je uvedení plynu do kontaktu s kapalinou nebo s pevnou fází, v níž se přednostně rozpouští nebo na jejímž povrchu se usazuje některá ze složek směsi.

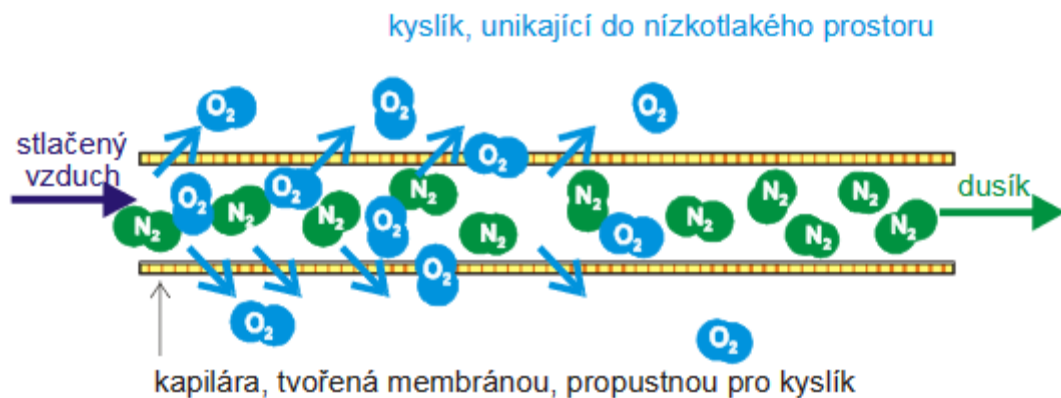
Mezi nejběžnější průmyslové postupy dělení vzduchu, jejichž volba závisí na velikosti produkce a na tom, které složky požadujeme v mimořádné čistotě, patří:

- dělení vzduchu destilací – na základě rozdílných bodů varu s využitím destilačních kolon
- dělení vzduchu technikou PSA (pressure swing adsorption) – pomocí adsorpce molekul na molekulových sítích (Obr.6.)
- dělení vzduchu technikou VSA (vacuum swing adsorption) – obdoba PSA, kdy dochází ke střídání vysokého tlaku s vakuem
- dělení vzduchu membránami (Obr.7.) [65].



Obr.6. Zachycování dusíku na molekulových sítích [65]

Při absorpci plynu na molekulových sítích, jak je znázorněno na obrázku výše, je při oddělování dusíku použit jako síto zeolit. Vzduch prochází za zvýšeného tlaku sítím a zachycuje se na jeho povrchu. Kyslík a případně další plyny procházejí volně. Poklesem tlaku zpět na atmosférický dojde k uvolnění dusíku ze síta a k jeho jímání. Celý proces trvá jen několik sekund [65].

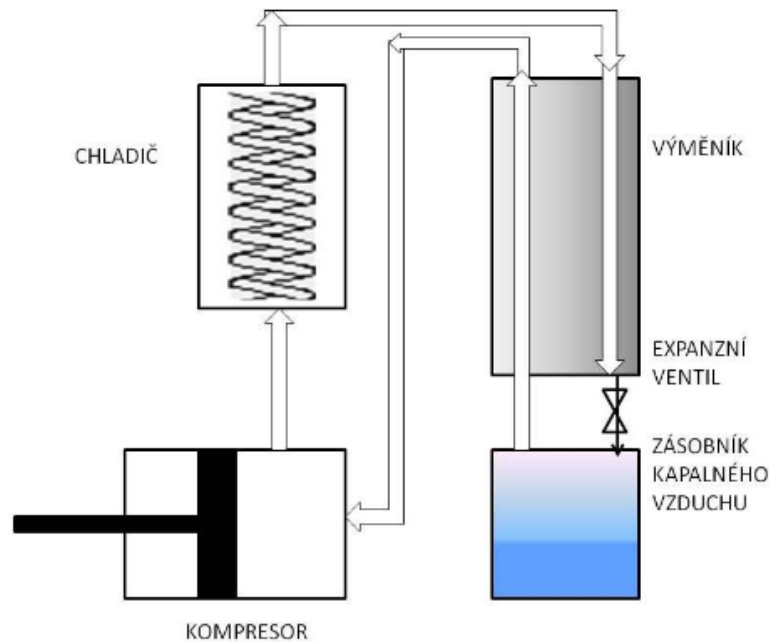


Obr.7. Princip dělení vzduchu membránovou filtrací [65]

Základní a nejvíce využívanou metodu pro získávání jednotlivých složek vzduchu objevil Carl von Linde (1842 – 1934) před více než sto lety. Tento způsob vychází z adiabatické expanze plynu a lze ji stručně popsat v níže uvedených bodech (Obr.8.):

- stlačení vzduchu kompresorem
- ochlazení v chladiči
- expanze plynu přes škrtkový ventil.

Samotnému zkapalnění vzduchu předchází nejprve jeho úprava sestávající se z odstranění prachových částic, CO_2 a vodní páry [64].



Obr.8. Lindeho způsob zkapalňování vzduchu [64]

Oxid uhličitý je přítomen v přírodě, ale většinou rozpuštěný nebo smíšený s jinými komponenty. Ve své čisté podobě, jako plyn, kapalina nebo dokonce v pevném skupenství je považován za užitečný. Jeho potřeba neustále narůstá a je vhodný pro mnohé aplikace. Velké množství CO_2 je obsaženo v přírodních zdrojích (přírodní zřídla, zemní plyn, biologické procesy) nebo jej lze získat jako vedlejší produkt průmyslových činností spojených se spalovacími procesy nebo chemickými reakcemi. Je možné jej odebírat jako vedlejší produkt například u fermentačních procesů při kvašení vína nebo piva nebo při výrobě amoniaku. Je registrován rovněž jako přídatná látka v potravinářském průmyslu pod registračním číslem E 290 [55, 66].

Zdroje oxidu uhličitého:

- chemické procesy
- biologické procesy
- přírodní zdroje
- spalování ropy a plynu
- získávání ze zemního plynu [66].

Kyslík je dle zákona č. 350/2011, zákona o chemických látkách a chemických směsích (chemický zákon) ze dne 29. listopadu 2011 klasifikován jako látka oxidující a směsi plynů, jež obsahují 21 a více objemových procent O_2 , jsou označeny stejným způsobem jako látky oxidující a při nakládání s nimi je nutno respektovat bezpečnostní opatření.

Kyslík je vyráběn těmito základními technologiemi:

- elektrolytický rozklad vody
- adsorpce na molekulových sítích
- frakční destilace zkapalněného vzduchu.

Podíl kyslíku na světovém trhu s technickými plyny činí 29 % a mimo potravinářství jej využívají především tato odvětví:

- sklářský průmysl
- zpracování kovů
- hutní průmysl
- chemický průmysl
- čištění odpadních vod atd. [67].

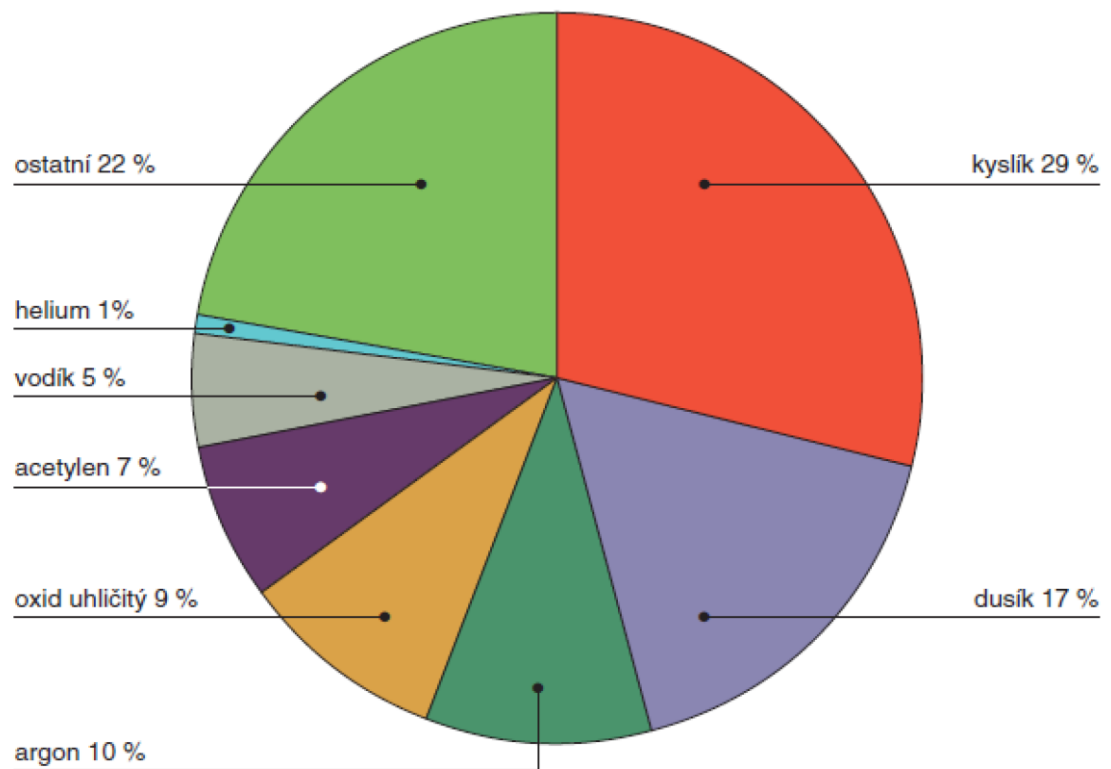
Dusík je vyráběn podle potřebné čistoty dělením vzduchu pomocí následujících způsobů:

- kryogenní metody
- dělení na molekulových sítích
- dělení na membránách [68].

Jako nejvíce efektivní se jeví způsob získávání dusíku přímo na místě spotřeby na bázi on-site, jež v dnešní době v řadě provozů nahrazuje tradiční zásobování tlakovými lahvemi nebo ze zásobníků a vyznačuje se řadou nesporných výhod, jež jsou využity právě k balení produktů do ochranné atmosféry. Tento způsob výroby využívá především výše zmíněné dělení vzduchu na membránách nebo molekulových sítích [69].

Dusík se díky širokému využití podílí na globálním trhu s plyny 17 %. Společně s CO_2 je výborným médiem pro zajištění mrazírenských teplot nejen v případě zajištění legislativních předpisů ohledně rychlosti zmrazení výrobků po jejich zpracování, ale také pro zajištění mrazírenských teplot během transportu. Skvělých vlastností tohoto plynu lze využít i v jiných oborech mimo potravinářství, kterými jsou například:

- zdravotnictví
- úprava pitné vody
- odpadové hospodářství
- protipožární ochrana
- metalurgie
- stavebnictví atd. [68].



Obr.9. Podíl technických plynů na světovém trhu [70]

4 VYUŽITÍ TECHNICKÝCH PLYNŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ

Technické plyny nacházejí své využití ve všech oblastech hospodářství, od výroby kovů přes jejich zpracování, chemický průmysl, potravinářskou techniku, až po stavební techniku, ale také v oblastech lékařství, výzkumu a vývoje. Nepostradatelné jsou rovněž pro ochranu životního prostředí [70].

Plyny potravinářské čistoty lze definovat jako plyny používané při zpracování potravin nebo jako aditivum, aby bylo zajištěno, že jsou splněny mezinárodní normy. Plyny označované jako plyny potravinářské čistoty odpovídají potravinářským předpisům, např.:

- Směrnici Komise 96/77/ES ze dne 2. prosince 1996, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu potravinářských přídatných látek jiných než barviva a sladidla platných v zemích EU
- směrnícím FDA (Food and Drug Administration) ze dne 24. ledna 2018 platných v USA.

Pro modifikovanou atmosféru se využívá skupina inertních plynů, mezi které patří především dusík, oxid uhličitý, kyslík a v některých případech také argon. V minoritní formě je možné v potravinářství také využívat:

- oxid dusný – pro zvětšování objemu šlehačky a selektivní extrahování látek ve výrobcích
- vodík – pro ztužování tuků a odstraňování kyslíku
- oxid siřičitý – jako antioxidační ochrana vína, ovocných šťáv a dřev.

V potravinářství se plyny využívají dále při řízeném dozrání ovoce, řízení atmosféry ve sklenících, intenzifikaci chovu ryb, při úpravě pitné vody a pro výrobu a ochranu nápojů [55, 71].

Plyny používané pro balení do ochranné atmosféry jsou klasifikovány jako přídatné látky a každému z nich je přiděleno číslo „E“. Označení jednotlivých potravinářských plynů je následující:

- kyslík – E948
- oxid uhličitý – E290
- dusík – E941
- argon – E938

- vodík – E949
- oxid dusný – E942
- helium – E939.

Podle právních předpisů EU musí být potraviny balené v modifikované atmosféře označeny větou jako „Baleno v ochranné atmosféře“ nebo frází podobného významu, ze které je patrné, že jde o plyny určené pro potravinářské účely [70, 72].

4.1 Kyslík

Kyslík je nejrozšířenějším prvkem na zemi, který lze charakterizovat jako bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, mezi jehož vlastnosti patří především vysoká reaktivita a výjimečné oxidační vlastnosti. V malém množství se rozpouští ve vodě, přičemž s rostoucí teplotou rozpustnost klesá. Exotermicky reaguje s látkami v okolí za uvolnění tepla, což je možno označit jako hoření. Většina reakcí je provázena také uvolněním světla [50, 65, 70].

Pro většinu balených potravin má MAP obsahovat co nejméně kyslíku, aby se zabránilo růstu aerobních mikroorganismů a snížil se stupeň jejich oxidace, jež je provázena nepříjemným žluklým přípachem. Toto žluklé aroma má velmi často nízké prahové hodnoty a může být spotřebitelem snadno vnímáno. Nicméně existují výjimky, kdy kyslík napomáhá zachování oxidované formy myoglobinu, který zajišťuje červenou barvu masa, což je důvod pro jeho použití především pro balení čerstvého červeného masa. Červený oxymyoglobin je přítomen na povrchu masa i při kontaktu se vzduchem za normálního atmosférického tlaku, ale zvýšené množství kyslíku (65 – 80 %) v ochranné atmosféře napomáhá vytvoření jeho silnější vrstvy, a tím vytváří podmínky pro udržení pro zákazníky atraktivní barvy masa po delší dobu [53, 55, 73].

Jelikož kyslík podporuje rychlý růst aerobních mikroorganismů, bývá často v systémech balení kombinován s 20 – 25 % CO₂ z důvodu dosažení mikrobiální kontroly. Jestliže jsou při balení využity oba tyto plyny, lze dosáhnout delší trvanlivosti masa než při použití systému pouze s kyslíkem [74, 75].

Jestliže je maso skladováno v MA s vysokým podílem kyslíku po delší dobu, lze zaznamenat přechod z jasně červené barvy na hnědočervenou, až barvu s nádechem do šeda, podobně jako u masa baleného vakuově. Příčinou této změny je pokles parciálního tlaku kyslíku k hodnotám 60 % a vzestupu CO₂, který zmíněnou změnu působí. Atmosféra balení

většiny masa by proto měla obsahovat nízkou koncentraci zbytkového kyslíku. Pro udržení tvorby oxymyoglobinu je požadována minimální koncentrace asi 5 % O₂ [17, 24].

4.1.1 Balení masa v MAP s vysokým obsahem kyslíku

Trvanlivost masa baleného v ochranné atmosféře s vysokým obsahem kyslíku při skladování při chladírenských teplotách lze prodloužit z 2 – 4 dnů u prostého balení na 5 – 8 dnů, v některých případech i na 10 dnů [76].

Jongberg a kol. [77] došli k názoru, že kuřecí stehno je vhodnějším typem masa nežli kuřecí prsní řízek pro skladování s vysokým obsahem kyslíku (80 % O₂ + 20 % CO₂) při teplotě 5 °C. Tento typ balení však může negativně ovlivnit vlastnosti masa z pohledu oxidace myoglobinu, lipidů a proteinů, jak již bylo zmíněno dříve. Proto se tato technika využívá převážně pro krátkodobé skladování čerstvého masa. Mimo to může kyslík snížit riziko anaerobního růstu a produkce toxinů v červeném mase, takže výběr vhodné hladiny kyslíku je kritickým faktorem pro udržení vysoké kvality MAP masa [17].

4.1.2 Balení masa v MAP s nízkým obsahem kyslíku

Vysoké hladiny CO₂ (10 - 80 %) doplněné ve zbytku balení inertním plynem (například N₂) se běžně využívají pro balení masa i masných výrobků v ochranné atmosféře. Důvodem je inhibice růstu aerobních mikroorganismů a prodloužení skladovatelnosti masa. Obecně lze za dostatečné množství považovat 20 – 30 % CO₂, které je schopno zabránit rozkladu masa prostřednictvím aerobních bakterií [78].

Porcovanou drůbež je možné balit v ochranné atmosféře s podílem kyslíku 10 – 20 %, jelikož obsah myoglobinu je přirozeně nízký. V případě drůbeže s kůží je používáno pro balení v MA složení plynů v zastoupení 25 – 50 % CO₂ a 50 – 75 % N₂ vzhledem k tomu, že rezidua kyslíku, jako možná příčina nežádoucí oxidace tuků obsažených v kůži, jsou již zanedbatelná [76].

4.2 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je za běžných podmínek stabilní plyn, těžší než vzduch, který je ve vysoké koncentraci štiplavý a ve vlhkém prostředí lehce korozivní. Jedná se o netoxickou látku, jež ve vodě působí jako slabá kyselina snižující pH na povrchu výrobku. Mezi jeho důležité vlastnosti patří bakteriostatický a fungicidní účinek, ale také vysoká rozpustnost ve vodě

i v tucích, která klesá se stoupající teplotou. Antimikrobiální účinnost CO₂ je tedy výraznější za podmínek chlazení, kdy je úroveň rozpustnosti vyšší. Vysoká rozpustnost CO₂ v potravinách může kromě snížení pH rovněž způsobit kolaps balení, tzv. pseudovakuový efekt vyznačující se smršťováním obalu. Řešením tohoto problému je použití směsi s dusíkem. Patentováno bylo také použití pevného CO₂ do obalu, čímž dojde ke kompenzaci ztrát plynu způsobené rozpouštěním, nebo sycení potraviny CO₂ těsně před zabalením produktu [54, 66, 79, 80].

Zahrnutí CO₂ v atmosféře obalu může snížit tlak nebo objem balení vzhledem k jeho vysoké rozpustnosti, což může hrát roli při vyrovnávání tlaků mezi vnitřním a vnějším prostředím obalu [80].

V případě vysokého obsahu CO₂ v atmosféře balení je nutné zohlednit již zmíněnou skutečnost, že CO₂ je snadno rozpustný v masě a lehce proniká stěnou polymerních obalů, především při nízkých teplotách. Při aplikaci modifikované atmosféry s vysokým obsahem CO₂ tedy dochází v masě ke snižování pH, což může následně vést ke snížení vaznosti masa, ke změně textury masa a k hmotnostním ztrátám v důsledku uvolňování masové šťávy. Naproti tomu snížení pH může přispět k inhibičnímu účinku CO₂. Při volbě složení ochranné atmosféry je nutné mít na zřeteli výše uvedené vlastnosti CO₂ a klást důraz na dosažení kompromisu mezi jeho pozitivními a negativními vlastnostmi [35, 70, 80].

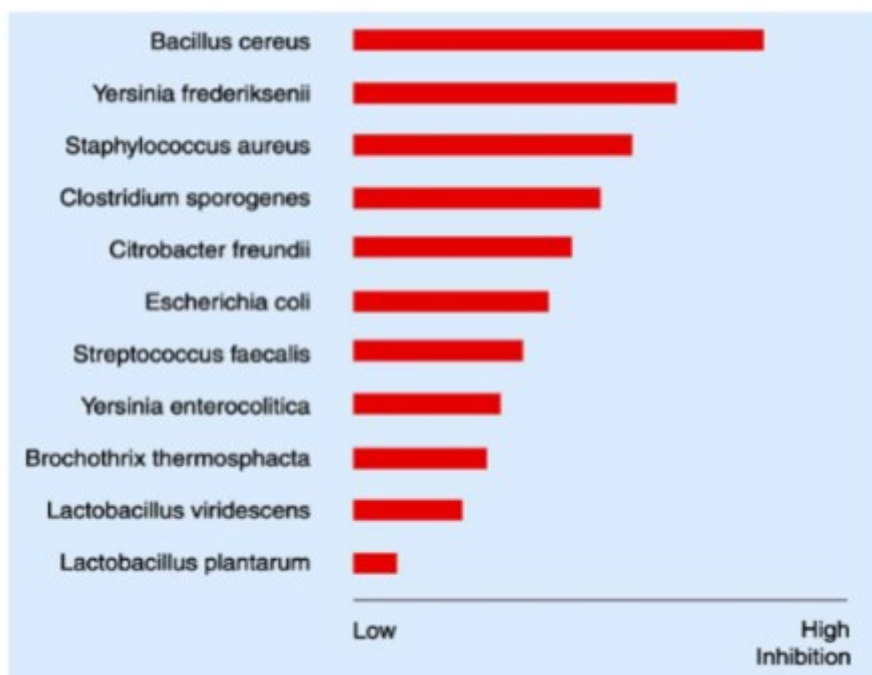
Kerry a kol. [72] na základě svého výzkumu uvádějí, že obecně za dostatečné množství CO₂, které je schopno zabránit rozkladu masa prostřednictvím aerobních bakterií, lze považovat hodnotu 20 – 30 %. I další literární zdroje uvádějí, že pokud CO₂ je součástí MA z důvodu bakteriostatického účinku, je třeba minimální koncentrace tohoto plynu 15 – 20 %. Při nižším obsahu CO₂ nelze očekávat optimální ochranu [57].

Citlivostí na zvýšený podíl CO₂ se vyznačují především gramnegativní mikroorganismy (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonaceae*), méně pak mikroorganismy grampozitivní (*Streptococcus*, *Bacillus*). Se zvyšující se koncentrací CO₂ lze rovněž zaznamenat stimulaci růstu laktobacilů. Inhibiční účinek CO₂ se projevuje od 5 % do výše 30 % v závislosti na teplotě, typu potraviny i druhu přítomné mikroflóry [24].

CO₂ má tedy odlišné účinky na mikroorganismy. Zatímco aerobní bakterie (např. *Pseudomonas*) jsou jeho mírnou až vysokou hladinou inhibovány, bakterie mléčného kvašení mohou být jeho přítomností stimulovány. Růst aerobní mikroflóry je zpomalen tím, že CO₂

prodlužuje jak generační dobu, tak i zpožděnou fázi mikroorganismů způsobujících kažení v důsledku změn pH uvnitř buněk [49, 81].

Podle výsledků Kakouri a Nychase [35] představují u testovaných kuřecích prsou a stehen balených v atmosféře se 100 % CO₂ dominantní mikroflóru bakterie mléčného kvašení. *Brochothrix thermosphacta* je v převažujícím poměru v případě použití atmosféry s 20 % CO₂, v kombinaci s 80 % O₂ a dále v případě atmosféry se 100 % N₂. Růst pseudomonád byl při uvedených podmínkách atmosféry naprosto potlačen. Vliv atmosféry 100% CO₂ na zpomalení nárůstu počtu mikroorganismů je naznačen na *Obr.10. níže*.



Obr.10. Vliv atmosféry 100% CO₂ na zpomalení nárůstu počtu mikroorganismů [39]

Fraqueza a Barreto [82] uvádějí, že růst *Brochothrix thermosphacta* lze inhibovat v atmosféře obsahující vyšší množství CO₂ doplněním nízké koncentrace oxidu uhelnatého (0,5 %).

Oxid uhličitý lze využít v potravinářství a nápojovém průmyslu v následujících aplikacích:

- ochranný plyn – při opracování, mletí, míchání, přepravě a balení
- mražení a chlazení
- mletí – zamezuje zahřívání a vytváří inertní atmosféru, čímž odstraňuje riziko výbuchu prachu
- vysokotlaká extrakce – rozpouštědlo pro extrakci biologicky aktivních složek pro aplikaci ve farmacii, kosmetickém a potravinářském průmyslu

- přídavek do nápojů pro vytvoření perlicího efektu [66].

4.3 Dusík

Dusík je plynný chemický prvek, který ve formě molekul N_2 tvoří hlavní složku zemské atmosféry. Patří mezi biogenní prvky, jež jsou základem živé hmoty. Lze ho označit za bezbarvý plyn, bez chuti, zápachu, nehořlavý, netoxický a nevýbušný, který se za běžných podmínek jeví velmi stabilní. S jinými chemickými sloučeninami reaguje pouze za vysokých teplot a tlaků. Naproti tomu atomární dusík je velmi reaktivní a nelze jej uchovávat [68].

Dusík působí na maso i jeho mikroflóru nejméně aktivně a má minimální účinky na metabolické reakce v mase z důvodu jeho nízké rozpustnosti ve vodě a v tucích. Nepodporuje růst aerobních mikroorganismů ani neinhibuje růst anaerobních bakterií a zpomaluje oxidační žluknutí masa. Primárně je využíván jako náhrada kyslíku v balení MA z důvodu zabránění oxidace tuků, barviv i vitaminů. Díky své nízké rozpustnosti ve vodě brání rovněž deformaci obalu tím, že vyplňuje jeho vnitřní objem, čímž lze předejít kolapsu balení [17, 72, 83].

Samostatně se používá především pro balení mikrobiálně stabilních potravin (káva, pražené arašidy, bramborové chipsy), kdy balení s obsahem 100 % dusíku je schopno potlačit ztrátu chuti a jakékoliv chemické změny způsobené přítomností kyslíku, a tím prodloužit trvanlivost produktu. V případě potravin mikrobiálně nestabilních (maso, masné výrobky) jsou typické spíše jeho směsi s CO_2 , jak už bylo výše zmíněno [83, 84].

N_2 je společně s CO_2 používán pro balené maso v koncentraci 70 – 80 % N_2 + 20 – 30 % CO_2 . V případě masa drůbežího a rybího, kde není vyžadován efekt červeného vybarvení masa, a dále masných výrobků, lze obsah dusíku snížit na 55 – 60 %. A podíl CO_2 tímto vzroste na 40 – 45 %. Jelikož zde zbytkový kyslík negativně ovlivňuje údržnost masa, je tento ještě před samotným balením vyplachován proudem CO_2 . Tato kombinace plynů přináší nejdelsí údržnost balených mas s přijatelnými odchylkami. Vybarvení masa je reverzibilní a po 20 až 40 minutách působení vzdušného kyslíku maso opět přechází ke své přirozené barvě [24].

4.4 Zásobování potravinářskými plyny

Potravinářské plyny lze v místě použití odebírat z centrálního rozvodu nebo přímo z tlakové lahve. Plyny jsou dodávány ve stlačeném nebo kapalném stavu, kdy v tlakových lahvích jsou tedy buď ve stavu plynném – dusík, kyslík nebo jejich směsi, nebo zkapalněné – oxid uhličitý, rajský plyn. Menší provozy využívají možnosti dodávek v pevně propojených svazcích po 12 nebo 16 kusech lahví s jednou popřípadě dvěma přípojovacími koncovkami o tlaku 15 MPa. Pro větší spotřeby jsou pak vhodnější dodávky plynů v kapalném skupenství, kde dochází ke skladování v dobře izolovaných dvouplášťových zásobnících. Dalším způsobem dodávek zkapalněných plynů jsou malé mobilní odpařovací stanice o objemech 150 – 1000 litrů. Pro vyšší objemy je stále více používáno směšovací zařízení (*Obr. 11.*), ke kterému jsou připojeny lahve nebo svazky jednotlivých plynů [56, 65, 70].



Obr.11. Směšovač plynů a zásobník směsi plynů [39]

5 APLIKACE TECHNICKÝCH PLYNŮ PRO BALENÍ DRŮBEŽÍHO MASA

Při využití plynů pro balení masa se tyto používají jen zřídka samostatně, ve většině případů jde o využití jejich směsí, které se liší podle aplikace. Působí pozitivně proti nepříznivým vlivům dopadajícím především na kvalitu, nutriční vlastnosti nebo konzistenci produktů. Množství plynu či směsi plynů aplikované do okolí potraviny je variabilní v závislosti na velikosti a typu obalu či množství a druhu baleného produktu [56, 72].

Složení modifikované atmosféry je tedy odlišné u různých druhů masa. V případě balení čerstvého hovězího i vepřového masa je zastoupení kyslíku ve směsi výrazně vyšší. Optimální koncentrace kyslíku se pohybuje v rozmezí 60 - 80 % ve směsi s oxidem uhličitým. Působením těchto dvou plynů v bezprostředním okolí masa se vytvoří nepříznivé prostředí pro růst bakterií, kdy trvanlivost pak lze prodloužit až na 8 dní. Naopak u drůbežího světlého masa je vhodné použít směs obsahující 70 % dusíku a 30 % oxidu uhličitého pro prodloužení trvanlivosti se zachováním vstupní kvality až o 5 dní [56].

Pro balení drůbežího masa bylo v minulosti využíváno především balení v oxidu uhličitém nebo v jeho směsi s dusíkem, a to především pro skupinová balení. V současnosti, a to především pro balení spotřebitelská, jsou preferovány směsné plyny MAPAX 30 (20). Jedná se o speciální směs kyslíku a oxidu uhličitého. Čísla v provedení MAPAX 20, 30 vyjadřují procentuální množství oxidu uhličitého ve směsi.

Pro balení čerstvého masa a tepelně neopracovaných výrobků z masa je využívána směs plynů o následujícím složení:

- MAPAX 20: 80 % O₂ + 20 % CO₂
- MAPAX 30: 70 % O₂ + 30 % CO₂.

V případě balení drobů a vnitřností u drůbeže je využíváno rovněž směsi MAPAX 30 (20).

Tepelně opracované výrobky (uzeniny, nákroje, řízky, paštiky) jsou plněny směsí plynů s označením DINAX:

- DINAX 20: 80 % N₂ + 20 % CO₂
- DINAX 30: 70 % N₂ + 30 % CO₂
- DINAX 50: 50 % N₂ + 50 % CO₂.

Směs oxidu uhličitého, dusíku a kyslíku je pak označována jako BIOMAP 3 a lze ji uplatnit pro balení zeleninových salátů [39].

V níže uvedené tabulce (*Tab.9.*) je uvedeno zastoupení jednotlivých potravinářských plynů modifikované atmosféry u některých druhů masa.

Tab.9. Složení atmosféry a teploty skladování potravin balených v modifikované atmosféře [39, 85]

Potravina	% O ₂	% CO ₂	% N ₂	Teplota [°C]
Maso čerstvé	70	30	0	0 - 2
Vepřové maso - steak	70	0	30	
Hovězí a telecí maso	80	20	0	
Drůbež	70	30	-	
Drůbež bez kůže	30	30	40	
Kuře porcované	20	30	50	
Drůbež s kůží	0	50	50	-
Uzené maso	0	50	50	1 - 3
Droby	50 - 60	40	0 - 10	0 - 2
Ryby tučné	0	30	70	
Ryby libové	30	40	30	
Masné výrobky	0	30	70	-
Šunka vařená	0	40	60	-
Párky	0	30	70	-

Záměnu vzduchu upravenou atmosférou je možno provést dvěma způsoby:

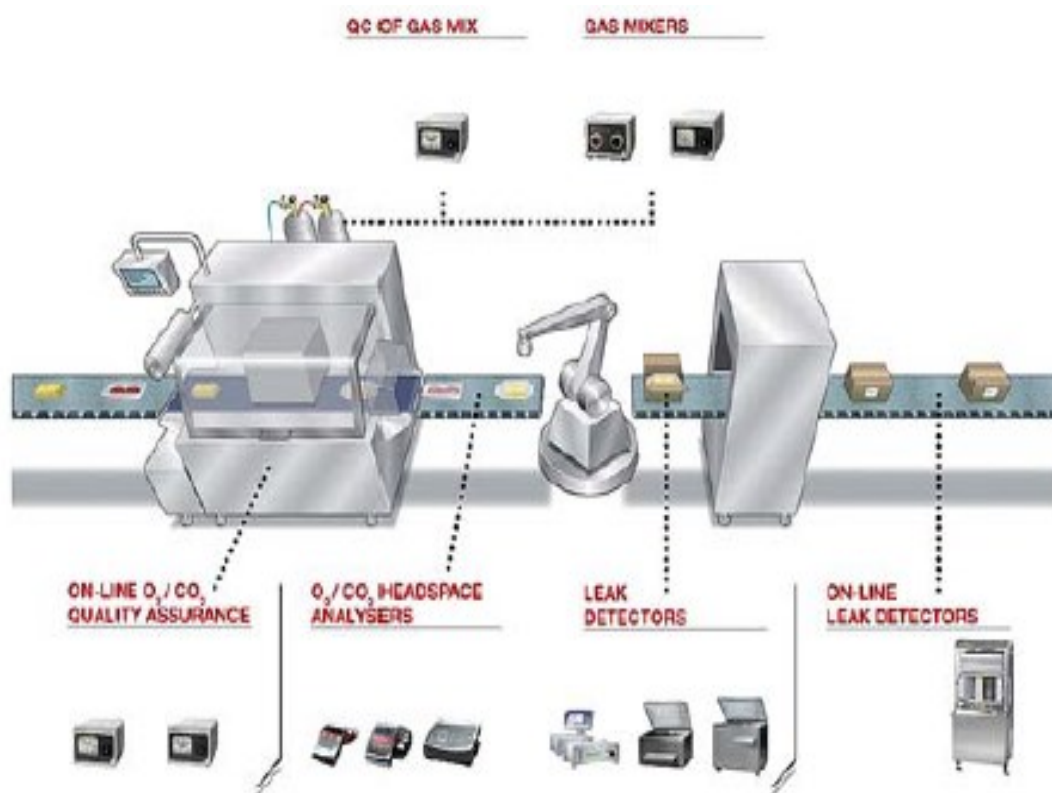
- vzduch je odsát pomocí vývěvy → vytvoření vakua → obal je naplněn ochrannou atmosférou a tlak v obalu je vyrovnán na tlak blízký atmosférickému tlaku (dle charakteru výrobku může být nepatrně vyšší nebo nižší než atmosférický tlak) → obal je plynotěsně uzavřen

- vzduch je z obalu vytěsněn přebytkem ochranné atmosféry, tzv. propláchnutí obalu → obal je plynotěsně uzavřen [39].

V celém procesu výroby a balení jsou důležité následující etapy měření a kontroly modifikované atmosféry:

- proces od přípravy a mixování plynů a jejich následného přivedení k balicí lince
- zjištění kvality plynu a uzavření do obalu společně s balenou potravinou
- kontrola kvality MA přímo v obalu a kontrola těsnosti obalu pomocí on-line nebo off-line analyzátorů.

Na obrázku níže (*Obr.12.*) je zachyceno komplexní řešení modifikované atmosféry od přípravy a kontroly plynu, přes online kontrolu v okamžiku zabalení produktu, až po testování plynu a těsnosti finálního obalu [60].



Obr.12. Komplexní řešení systému modifikované atmosféry [60]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem předložené diplomové práce je pomocí chemické a mikrobiologické analýzy zjistit vliv modifikované atmosféry na kvalitu a trvanlivost kuřecího masa z pohledu různých kombinací použitých technických plynů, včetně srovnání s vakuovým balením masa v průběhu 10 dnů skladování. Jednotlivé dílčí cíle lze zformulovat v těchto bodech:

1. vypracování literární rešerše zahrnující charakteristiku drůbežího masa a procesů souvisejících s jeho skladováním, problematiku balení produktu v ochranné atmosféře a klasifikaci technických plynů, včetně jejich vlivu v rámci balení v MAP
2. aplikace různých typů modifikované atmosféry a vakuového balení u vzorků kuřecího masa
3. průběžná kontrola složení modifikované atmosféry
4. mikrobiologická analýza založená na kultivaci vzorků masa skladovaných v jednotlivých typech balení v průběhu skladování
5. chemická analýza vzorků masa z pohledu vyhodnocení změn pH, obsahu sušiny a amoniaku během skladování
6. vyhodnocení analýz
7. srovnání vlivu typu balení a obsahu MAP na kvalitu a údržnost kuřecího masa, včetně srovnání s výsledky ve vědeckých publikacích.

7 MATERIÁL A METODY

Materiálem pro experimentální část této diplomové práce byly kuřecí prsní řízky pocházející z firmy RACIOLA Uherský Brod, s. r. o., kde došlo k porážce i bourání. Týž den bylo kuřecí maso za dodržení chladicího řetězce dopraveno na Ústav technologie potravin, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kde bylo přes noc ponecháno v chladírenské místnosti v původních velkoobjemových plastových obalech, které byly vloženy do lepenkových kartonů a uskladněny při teplotě 2 ± 2 °C dle pokynů uvedených na obalu výrobce. Následující den, označovaný dále v diplomové práci jako 2. den, bylo maso použito pro experimentální zpracování.

Během 10 dnů trvání experimentu bylo provedeno 5 měření. První měření, 24 hodin po porážce (2. den), označené dále jako START, proběhlo u masa bez použití balení v MAP nebo vakuově a došlo k jeho analýze z pohledu chemického i mikrobiologického. Pro následující měření ve 3., 5., 8., a 10. dnu již vždy bylo použito maso balené v různých typech atmosféry. Balené vzorky masa byly označeny následujícím způsobem a byla použita tato kombinace balících plynů:

- S1: 90 % O₂ + 10 % CO₂
- S2: 25 % O₂ + 50 % CO₂ + 25 % N₂
- VAC: vakuové balení – odsátí atmosféry.

7.1 Použité přístroje, pomůcky a chemické látky

7.1.1 Příprava vzorků

Přístroje a pomůcky

- Vakuová balička Henkelman Boxer 42 (BUSCH, Německo)
- Směšovací zařízení WITT – Gasetechnik (LT Gasetechnik, Německo)
- Analyzátor modifikované atmosféry PBI (Dansensor, ČR)
- Minimixér Multimayo (Kenwood, Velká Británie)
- Tlakové lahve s plyny (N₂, O₂, CO₂) (Linde Gas, ČR)
- Chladírenská místnost
- Ostatní – podložka na krájení, nůž, nůžky, septum, rukavice, váženky, plastové sáčky, plastové misky, papírové utěrky

Chemické látky

- Etanol 70 % (Sigma – Aldrich, USA)

7.1.2 Kultivační stanovení

Přístroje a pomůcky

- Homogenizátor Stomacher 001 (Seward, Velká Británie)
- Homogenizátor MASTICATOR (IUL, Španělsko)
- Sterilizátor (Tuttnauer, Německo)
- Váhy 440-47 N d = 0,01 g (KERN, Německo)
- Termostat BT 120
- Termostat (Memmert, Německo)
- Termostat SHEL LAB (USA)
- Vortex V-1 plus (Biosan, USA)
- Mikrovlnná trouba Elektrolux (Švédsko)
- Biohazard box Telstar Bio-II-A
- Přístroj pro automatické počítání kolonií
- Chladnička s mrazicím boxem CSA34020 (BEKO, Turecko)
- Mikropipety (Discovery)
- Laboratorní sklo – odměrný válec, reagenční lahve, Petriho misky (Simax, ČR)
- Ostatní – rukavice, sterilní špičky, plynový kahan, nůž, vidlička, plastové sáčky, lupy, stojan na zkumavky, zkumavky, kádinky

Chemické látky a přípravky

- Sterilní destilovaná voda
- Plate Count Agar (HiMedia Laboratories, Indie)
- Endo Agar Base (HiMedia Laboratories, Indie)
- Chloramphenicol Yeast Glucose Agar (HiMedia Laboratories, Indie)
- Brain Heart Infusion Broth (HiMedia Laboratories, Indie)
- Agar (HiMedia Laboratories, Indie)
- NaCl (Lachema, ČR)
- Etanol 70% (Sigma – Aldrich, USA)

7.1.3 Chemická analýza

Přístroje a pomůcky

- Analytické váha (VWR, ČR)
- Vortex V-1 plus (Biosan, USA)
- Minimixer Multimayo (Kenwood, Velká Británie)
- Vpichový pH – metr Foodcare HI99161 (Hanna Instruments, USA)
- Centrifuga Hettich EBA 21 (Zentrifugen, Německo)
- Sušárna (BMT Medical Technology, ČR)
- Vortex V-1 plus (Biosan, USA)
- Exsikátor
- Mikropipeta (TreffLab)
- Laboratorní sklo – odměrný válec, kádinky, Conwayovy nádoby
- Ostatní – plastové zkumavky, sterilní špičky, lžičky, síto, hliníkové misky s víčky, skleněné tyčinky, mikrokapátko

Chemické látky a přípravky

- Etanol 70% (Sigma – Aldrich, USA)
- Sterilní destilovaná voda
- Vazelína Valinka (T-STRING Pardubice, ČR)
- 1% H_3BO_4
- Nasycený roztok K_2CO_3
- 0,005 M H_2SO_4
- Conwayův indikátor – 0,1% bromkresolová zeleň a 0,1% metylčerveně (1 : 1)

7.2 Příprava a balení vzorků

K analýze bylo použito 45 vzorků balení kuřecí prsní svaloviny – kuřecích řízků, kdy každé jednotlivé balení obsahovalo dva kusy řízků prsní svaloviny. Minimální potřebný počet vzorků pro tento experiment byl 18 kusů balení, nicméně byl záměrně navýšen z důvodů vytvoření rezervy pro případ, že by došlo u některého balení k porušení nepropustnosti obalu vlivem mechanického nebo jiného poškození. Přibližná hmotnost jednoho kusu řízku se pohybovala v rozmezí 200 – 220 g, jak bylo zjištěno kontrolním zvážením.

Jednotlivé řízky byly vloženy do plastových vaniček a následně do potravinářských plastových sáčků určených pro tento typ balení masa, v případě vakuového balení do plastových

sáčků k tomu určených. Misky společně s jednotlivými vzorky byly umístěny do vakuové baličky masa Henkelman Boxer 43, která je digitálně ovládána a obsahuje také časové řízení. Lze zde rovněž použít modifikovanou atmosféru po jejím připojení ke směšovacímu zařízení. V případě tohoto experimentu bylo využito směšovací zařízení Witt – Gasetechnik, napojené na tlakové lahve s obsahem kyslíku, dusíku a oxidu uhličitého, jež jsou součástí směsi určené pro balení vzorků. Tlak balících plynů v tlakových lahvích byl nastaven na 6 barů. Konkrétní složení jednotlivých směsí plynů, včetně označení typu balení, je popsáno v tabulce (Tab.10.) níže a toto složení bylo nastaveno na zmíněném směšovacím zařízení. Pro případ experimentu je vakuové balení označeno jako VAC a po přepnutí programu na vakuové baličce bylo potřebné množství vzorků zabaleno rovněž vakuově. Vše proběhlo za maximální snahy o minimální kontaminaci za použití rukavic a desinfekce povrchů i pracovních pomůcek.

Tab.10. Složení plynů v balení vzorků S1 a S2 určených k analýze

Vzorek	Obsah O ₂ [%]	Obsah CO ₂ [%]	Obsah N ₂ [%]
S1	90	10	-
S2	25	50	25

Nejprve byla naplněna balení směsí S1 (90 % O₂ + 10 % CO₂) a následně došlo k použití směsi S2 (25 % O₂ + 50 % CO₂ + 25 % N₂). Kyslík je reaktivní prvek, který v čisté formě reaguje s organickými látkami. V potravinářství se používá téměř výhradně ve směsi s CO₂ nebo CO₂ a N₂, popřípadě s argonem. Vždy musí být brán zřetel na možnost chyby, kdy existuje jistá pravděpodobnost, že se kyslík v systému objeví samostatně. K reakci dochází ve větší míře při průtoku, tedy pohybu kyslíku v systému. Potrubní rozvody nesmí být provedeny běžným železným potrubím, neboť vznikají oxidy, a při průtoku kyslíkem je možné za určitých podmínek samovznícení. Proto zařízení a komponenty, u kterých je předpoklad styku s kyslíkem, je nutno před použitím řádně odmastit.

Vakuový způsob balení kuřecího masa byl použit jako poslední s tím, že bylo vakuováno při dosažení vakua ještě následujících 20 sekund. Všechny vzorky byly čitelně označeny na obale pro příští identifikaci S1, S2 a VAC a uloženy v chladírenské místnosti po dobu trvání experimentu. Vzorek prsní svaloviny 24 hodin po porážce (2. den), dále pro identifikaci označovaný jako START, nebyl zabalen, ale ihned analyzován pro získání výsledků pro tento den experimentu.

Pro kontrolu obsahu balící směsi byla v den balení zvolena kontrolní trojice jednotlivých typů balení a tato byla vždy v den měření analyzována pomocí analyzátoru z pohledu složení plynů a výsledky byly zaznamenány. Důvodem bylo sledování případného úbytku plynů v balení a změny složení modifikované atmosféry.

Všechny vzorky byly následně uloženy do chladírenské místnosti ke skladování při stabilní teplotě 2 ± 2 °C dle pokynů, které byly stanoveny výrobcem pro skladování suroviny, až do doby provedení experimentu.

Před každou přípravou vzorku k prováděným analýzám byla vždy udělána kontrola jednotlivých balení pomocí analyzátoru modifikované atmosféry PBI od firmy Dansensor (Obr.13.), aby došlo k ověření míry propustnosti obalu a k vyloučení jeho možného porušení.



Obr.13. Analyzátor plynu [86]

Po kontrole složení atmosféry byly vzorky masa vyjmuty z misek a surovina byla připravena k mikrobiologickému a chemickému vyšetření. Pro analýzu mikroflóry masa byly prsní řízky nakrájeny, homogenizovány v kuchyňském mixéru a uloženy do přepravní plastové váženky. Vše probíhalo opět za maximální snahy o dodržení minimální kontaminace vzorků a všechny použité pomůcky byly nejprve ošetřeny etanolem. Rovněž vzorky určené k chemické analýze byly urychleně přepraveny k dalšímu rozboru.

7.3 Mikrobiologická analýza

Mikrobiologické vyšetření se provádí v souladu s Nařízením Komise (ES) č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny. Vyšetření surovin a výrobků je součástí kontroly zdravotní nezávadnosti potravin, která zahrnuje ověření, zda

v potravině nejsou přítomny patogenní mikroorganismy nebo mikrobiální metabolity v množství, které přesahuje mikrobiologické požadavky dané zákonem [24].

Před mikrobiologickou analýzou bylo laboratorní sklo sterilizováno v horkovzdušném sterilizátoru a všechny použité pomůcky a nástroje byly do doby použití uchovávány sterilně.

V rámci experimentu bylo stanoveno množství následujících druhů mikroorganismů:

- anaerobní mikroorganismy
- enterobakterie
- kvasinky a plísně
- celkový počet mikroorganismů (CPM).

Přehled použitých kultivačních půd pro jednotlivá stanovení, včetně kultivačních podmínek je zaznamenán v následující tabulce (*Tab.11.*).

Tab.11. Kultivační podmínky pro stanovení mikroorganismů

Sledovaný parametr	Kultivační půda	Podmínky kultivace
Celkový počet mikroorganismů	PCA	30 °C, 72 hod.
Enterobakterie	ENDO	37 °C, 24 hod.
Anaerobní mikroorganismy	BHI	30 °C, 24 hod., 12 % CO ₂
Kvasinky a plísně	CHYGA	3 – 5 dnů, laboratorní teplota

7.3.1 Příprava kultivačních půd

K přípravě kultivačních půd byly použity komerčně vyrobené namíchané směsi ve formě prášku:

- PCA – Plate count agar (HiMedia)
- ENDO – Endo Agar Base (HiMedia)
- BHI – Brain Heart Infusion Broth (HiMedia)
- CHYGA – Chloramphenicol Yeast Glucose Agar (HiMedia).

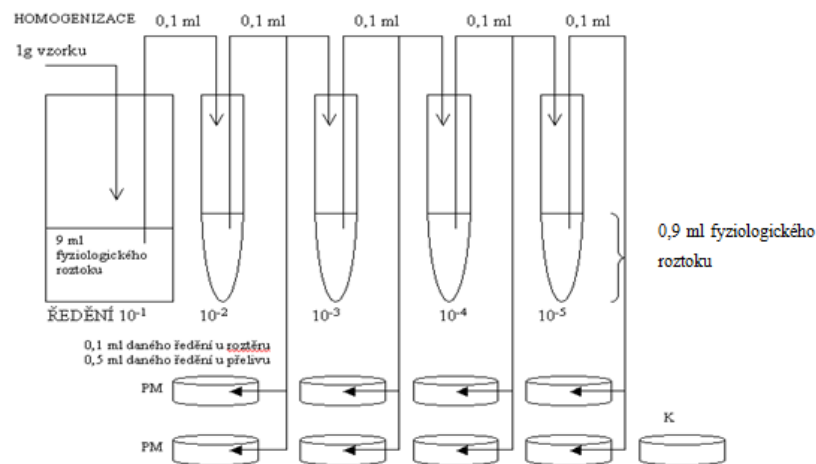
Práškové směsi byly dle návodu na obalu rozpuštěny v destilované vodě, dostatečně promíchány a sterilizovány v autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. V případě směsi BHI bylo přidáno příslušné množství agaru, neboť směs tento neobsahuje. Následně došlo k vylití směsí do jednorázových sterilních Petriho misek, které byly použity ke kultivační-

mu stanovení v průběhu celého experimentu. Misky byly vždy označeny typem balení a kultivační půdy, ředěním a datem pro přehlednou identifikaci při vyhodnocování.

Vzhledem k tomu, že experiment zahrnoval 3 typy balení, stanovení 4 druhů mikroorganismů a 3 po sobě jdoucí ředění vzorků, které se prováděly vždy na 2 plotnách, bylo připraveno 480 Petriho misek s živnými půdami.

7.3.2 Odběr vzorků a ředění

Odběr vzorků i následné ředění probíhalo v aseptickém prostředí se sterilními pomůckami. Bylo naváženo 5 g rozmělněného kuřecího masa, které bylo připraveno po analýze směsi balících plynů. Toto množství bylo naváženo do sterilního plastového sáčku a doplněno do 50 g fyziologickým roztokem, jež byl připraven rozpuštěním NaCl v destilované vodě (4,3 g NaCl a 500 ml destilované vody), tedy v poměru 1 : 9, čímž bylo dosaženo ředění vzorku 10^{-1} . Obsah sáčku byl homogenizován na Stomacheru po dobu 5 minut. Homogenizací se docílí rovnoměrného rozptýlení mikroorganismů do celého objemu vzorku, který je naředěn desítkovým ředěním. Ze základní suspenze byla připravena desítková ředící řada, jejíž princip je přehledně vyobrazen na níže uvedeném obrázku (Obr. 14.).



Obr. 14. Schéma desítkového ředění [87]

Následně byly kultivační půdy inokulovány 100 μ l suspenze pomocí roztěru sterilními hojkami ve všech navolených ředěních. Pomocí ředění vzorků lze dosáhnout vhodné koncentrace mikroorganismů, kdy narostlé kolonie jsou počítatelné a umožní zjistit skutečný počet mikroorganismů v původním neředěném vzorku. U většiny mikroorganismů byla použita řada třech po sobě jdoucích ředění a pro každé ředění byly inokulovány vždy dvě plotny. Podle typu sledované mikroflóry byly zvoleny kultivační podmínky uvedené ve

výše citované tabulce (*Tab.11.*). Pro kultivaci anaerobních mikroorganismů je využíván anaerostat vytvářející prostředí s nízkým obsahem kyslíku.

7.3.3 Vyjádření výsledků

Po ukončené době kultivace stanovené příslušnou metodikou byly spočítány počty narostlých kolonií na jednotlivých živných půdách. Vychází se z předpokladu, že z jedné životaschopné buňky vyroste jedna kolonie. Při správně provedeném ředění vzorku dochází v každém ředícím kroku ke snížení počtu mikroorganismů o jeden logaritmičtý řád oproti kroku předchozímu.

Počty kolonií lze dále využít pro přepočítání celkového počtu mikroorganismů, který se označuje jako CFU/g (colony forming units/g) sledovaného vzorku pomocí následujícího vztahu:

$$N = \frac{\Sigma C}{V \cdot d \cdot (n_1 + 0,1 \cdot n_2)}$$

V případě půd, u kterých jsou k dispozici pouze plotny z jednoho měření, lze využít vztah upravený tímto způsobem:

$$N = \frac{\Sigma C}{V \cdot d \cdot n}$$

ΣC součet kolonií na všech vybraných plotnách

V objem očkovaného vzorku [ml]

d první ředění použité pro výpočet

n_1 počet ploten použitých pro výpočet z prvního (nižšího) ředění

n_2 počet ploten použitých pro výpočet z druhého (vyššího) ředění

Počet mikroorganismů v 1 g je vyjádřen jako číslo 1,0 až $9,9 \cdot 10^x$, kde x je příslušná mocnina 10.

7.4 Chemická analýza

Jednoznačné mikrobiologické vyšetření masa v laboratoři, které určí, že maso je zkažené, je finančně náročné a časově zdlouhavé. Lze proto využít jednoduché chemické metody, kterými je možno dokázat přítomnost různých rozkladných produktů. Prvním znakem ka-

žení masa je jeho zápach, ale vzhledem k subjektivní citlivosti našich čichových smyslů je vhodné provést důkaz podle některých chemických metod [88].

7.4.1 Stanovení pH

Pro měření pH byla zvolena vpichová metoda měření pomocí pH metru Foodcare HI99161 přímo v prsní svalovině za použití vpichové elektrody. Před započítím experimentu byla provedena kalibrace přístroje na vhodný pufr. Elektroda byla mezi jednotlivými měřeními důkladně opláchnuta destilovanou vodou, aby nedošlo k ovlivnění výsledků. Pro jednotlivá měření v průběhu 10 skladovacích dnů byl vždy použit vzorek o přibližné hmotnosti 100 g a bylo zaznamenáno 10 opakování u každého vzorku, vždy v různých částech svaloviny.

7.4.2 Stanovení obsahu sušiny

Podle požadované přesnosti výsledků byl obsah sušiny stanoven vážkově metodou sušení vzorku s mořským pískem při teplotě 102 ± 2 °C. Obsah celkové sušiny je charakterizován jako hmotnostní podíl látek, které zůstávají po úplném vysušení vzorku v sušárně. Výsledek je pak uveden v hmotnostních procentech obsahu sušiny.

Do předem vysušených hliníkových misek s přibližně 20 g mořského písku bylo naváženo 5 g homogenizovaného vzorku masa s přesností 0,0001 g. Pro lepší spojení vzorku masa s pískem bylo přidáno 5 ml etanolu a celý obsah byl opatrně promíchán skleněnou tyčinkou. Takto připravený vzorek byl vložen do sušárny, kde došlo k vysušení při 102 °C po dobu 5 hodin. Po dosažení konstantní hmotnosti byl vzorek opět zvážen s přesností na 4 desetinná místa a všechny hodnoty byly zaznamenány. Měření opět probíhala pro všechny typy balení po dobu 10 dnů ve stanovených intervalech. Obsah sušiny lze vypočítat dle následujícího vztahu:

$$\text{Obsah sušiny} = \frac{m_1 - m_2}{n} \cdot 100 [\%]$$

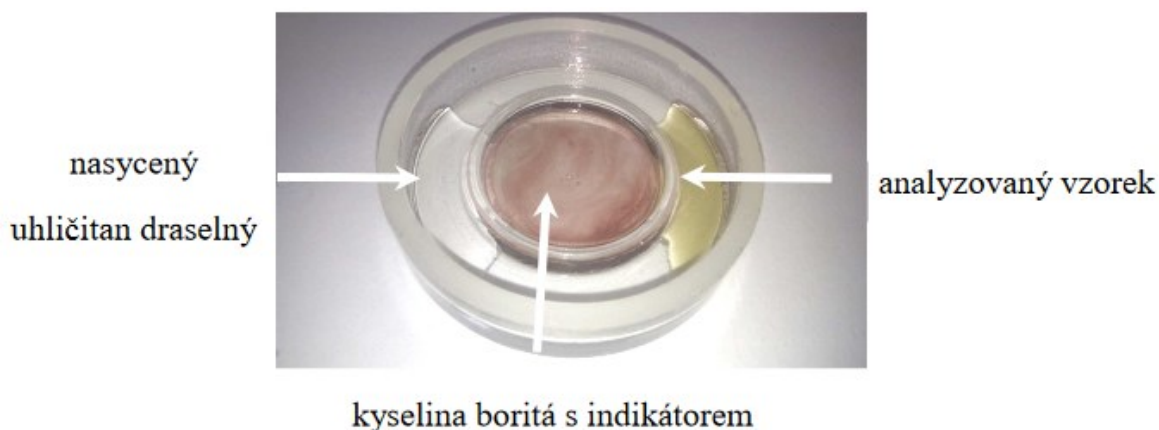
m_1 hmotnost hliníkové misky s pískem a skleněnou tyčinkou [g]

m_2 hmotnost navážky [g]

n hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

7.4.3 Stanovení amoniaku

Pro stanovení amoniaku v mase je nejčastěji využívána kvantitativní analytická Conwayova metoda. Amoniak je vytěsněn ve speciální Conwayově nádobce ze vzorku pomocí nasyceného roztoku uhličitanu draselného a je jímán do kyseliny borité, kde po uplynutí 2 – 3 hodin dojde ke stanovení titrací roztokem kyseliny sírové.



Obr.15. Conwayova nádobka s roztoky [26]

Bylo naváženo 5 g vzorku masa, dále homogenizováno s vodou v poměru 1 : 3 a odstředěno při nastavení 6000 otáček za 5 minut. Vnější okraje Conwayovy nádobky byly potřeny vazelínou z důvodu dostatečného utěsnění. Do jejího vnitřního prostoru byl napipetován 1 ml 1% H_3BO_3 a přídavek dvou kapek Conwayova indikátoru, čímž došlo ke zbarvení roztoku do červena. Na jednu stranu vnějšího prostoru nádobky byl napipetován 1 ml nasyceného roztoku K_2CO_3 a protilehlá strana byla doplněna 1 ml odstředěného homogenátu vzorku masa, jak je patrné z výše uvedeného obrázku (Obr.15.). Po přikrytí nádobky byl vzorek opatrně promíchán mírným krouživým pohybem. Vše bylo ponecháno po dobu 2 hodin při pokojové teplotě. Po uplynutí této doby byl absorbovaný amoniak titrován 0,005 M H_2SO_4 do růžového zbarvení. Zjištěná spotřeba H_2SO_4 je součástí výpočtu pro obsah amoniaku:

$$\text{NH}_3 [\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}] = \frac{170 \cdot V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot F_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{0,25}$$

170 faktor přepočítávající na 1 kg masa

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ pipetovaný objem [ml]

$F_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ faktor kyseliny sírové

0,25 hmotnost vzorku odpovídající 1 ml homogenátu

7.5 Výsledky a diskuze

7.5.1 Analýza plynů v balení

Z uvedených výsledků kontrolního balení MA je patrné, že k výrazným změnám atmosféry nedošlo. Pouze k mírnému poklesu kyslíku u vzorku S1 a rovněž ke snížení obsahu CO₂ u vzorku S2 ve srovnání posledních dvou měření. Průběžně docházelo k pravidelnému navýšení obsahu dusíku u vzorku S2. Jako důvod je možné předpokládat případnou spotřebu kyslíku mikroorganismy a rovněž určitý stupeň propustnosti obalového materiálu pro CO₂.

Tab.12. Analýza plynů kontrolního balení (stejně balení po dobu celého experimentu)

Kontrolní vzorky	S1		S2		
	O ₂ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	CO ₂ [%]	N ₂ [%]
21. 4.	87,5	9,8	23,8	44,6	31,6
22. 4.	87,5	9,8	24,4	43,3	32,3
24. 4.	88,2	10,0	24,9	41,7	33,4
27. 4.	87,0	9,9	24,5	40,1	35,4
29. 4.	85,2	10,3	23,8	37,9	38,3

Hodnoty složení modifikované atmosféry ve dnech provedení analýzy jsou uvedeny v tabulce níže (Tab.13.). Analyzátor MA byl před měřením vždy kalibrován okolním vzduchem na obsah kyslíku 20,9 %. Tento přístroj uvádí obsah kyslíku a oxidu uhličitého a zbývající obsah dusíku lze tedy dopočítat.

Tab.13. Analýza plynů v balení MAP

Složení MAP		22. 4.	24. 4.	27. 4.	29. 4.
S1	O ₂ [%]	87,8	86,9	86,8	86,7
	CO ₂ [%]	9,8	10,2	11,0	10,8
S2	O ₂ [%]	24,4	25,3	25,1	25,6
	CO ₂ [%]	38,9	40,9	37,7	39,2
	N ₂ [%]	36,7	33,8	37,2	35,2

Před použitím vzorků k analýze byla rovněž provedena vizuální a čichová kontrola baleného masa. 8. den od porážky (27. 4.) byla zaznamenána změna zbarvení u vzorku baleného do vakua, který vykazoval tmavší odstín masové barvy, nepříliš typický pro drůbeží maso (Obr.16.). Zkouška čichem ani v tento den neprokázala známky kažení masa. V den následného měření (29. 4.) tento trend tmavšího odstínu u vakuového balení pokračoval.



Obr.16. Srovnání odstínů barvy vakuově baleného masa a masa v MAP (8. den)

Hanák [89] ve své práci založené na měření změny plynů v ochranné atmosféře během skladování došel ke shodnému závěru, že nejvíce se z balících plynů mění obsah kyslíku. Příčinou je spotřeba kyslíku aerobními mikroorganismy a mechanismy probíhajícími ve skladovaném mase. Jako důvod snížení plynného CO₂ bylo označeno jeho rozpuštění ve vodné složce masa a zároveň možná migrace plynné složky skrze fólii obalu. Migrace CO₂ je způsobena velikostí molekuly plynu a rozdílem tlaku uvnitř obalu a tlaku okolní atmosféry.

Také Jiménez a kol. [34] označili jako důvod snižování obsahu CO₂ v MAP v průběhu skladování suroviny probíhající biochemické přeměny při dýchání produktu a pronikání plynu obalovým materiálem.

Dále Hanák [89] stanovil jako nejvhodnější balící směs pro čerstvé kuřecí řízky modifikovanou atmosféru ve složení 70 – 80 % O₂ a 20 – 30 % CO₂, která se blíží složením námi sledované směsi S1.

Z odborné literatury je zřejmé, že příčinou odchylek ve složení plynů v MAP jsou netěsné sváry, balící prostředky s nadměrnou permeabilitou, ale i interakce mezi atmosférou a produktem, což může být důvodem předčasného zkažení potravin [57].

7.5.2 Mikrobiologický rozbor masa

Mikrobiální změny masa můžeme klasifikovat na základě toho, zda se vyskytují za aerobních, anaerobních nebo obou podmínek a taktéž, zda jsou způsobeny bakteriemi, kvasinami nebo plísněmi. Proto mikrobiologická analýza vzorků masa byla nastavena způsobem, který vyšetřil mikroflóru masa v následujících ohledech:

- stanovení celkového počtu mikroorganismů (CPM)
- stanovení anaerobních mikroorganismů
- stanovení enterobakterií
- stanovení kvasinek a plísní.

Všechny druhy masa obsahují jistý podíl mikroorganismů, ale jen některé druhy patogenů jsou přímo schopny ovlivnit kvalitu konečného výrobku, a to především patogeny přenášené potravinami. V případě jejich nízké koncentrace se nejedná o zásadní problém, neboť surovina je před konzumací tepelně ošetřena. U některých typů mikroorganismů jsou stanoveny legislativní limity, které byly zmíněny již v teoretické části této práce.

Všechny vzorky masa byly mikrobiologicky vyšetřeny, hodnoty byly přepočítány na CFU/g a zlogaritmovány z důvodu lepší přehlednosti vývoje mikroorganismů. V průběhu celého měření se pohybovaly hodnoty v rozmezí 3,1 – 6,3 log CFU/g pro enterobakterie, anaerobní mikroorganismy, kvasinky a plísně. U veškeré sledované mikroflóry bylo nejvyšších hodnot dosaženo právě v počátcích tohoto experimentu, tedy u vzorků odebraných vždy 24 hodin po porážce bez jakéhokoliv použití modifikované atmosféry nebo vakua, jak je patrné z níže uvedených grafů a tabulek, které jsou součástí vyhodnocení mikrobiologického šetření.

Cortez-Vega a kol. [90] ve své práci stanovili hodnoty 6 -7 CFU/g a nižší jako standardy pro bezpečnou spotřebu této suroviny. V jejich studii, zabývající se rovněž použitím MA při balení kuřecí svaloviny, byla všechna jejich měření ve zmíněném limitu až do konce mikrobiologické analýzy, tedy přibližně 10 dnů. Dále zde bylo konstatováno, že pro zvýšení údržnosti suroviny je důležité, aby především počáteční počet mikroorganismů, ovlivněný rovněž hygienickou praxí výrobce, byl snížen na minimum za použití přísných hygienických podmínek, včetně dodržení chladírenského řetězce.

Celkový počet mikroorganismů (CPM) dosahoval až hodnot 7,1 log CFU/g v době 24 hodin po porážce ve stavu, kdy ještě nebyl aplikován žádný ze sledovaných typů balení

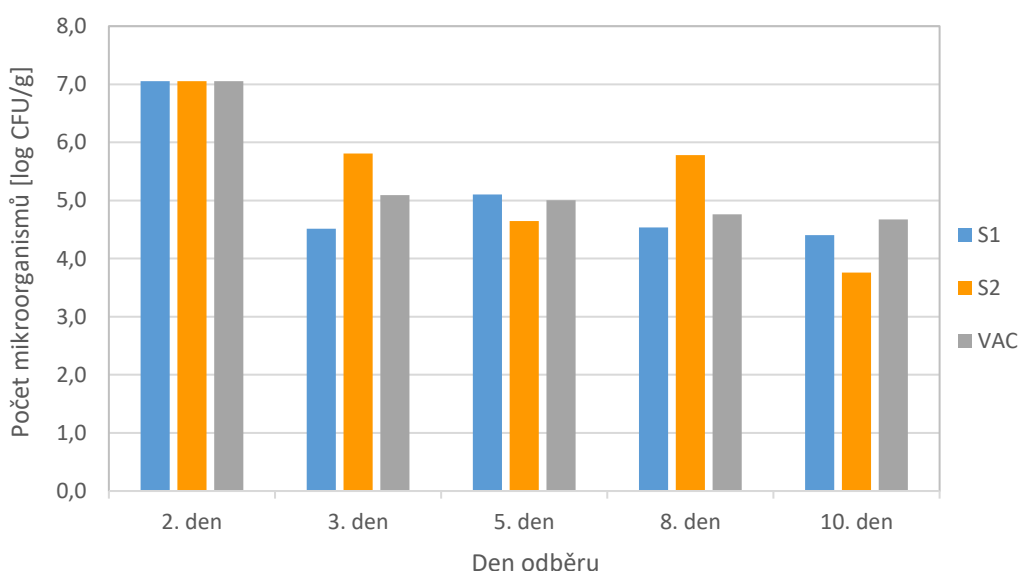
(Tab.14., Obr.17). CPM ovšem zahrnuje jak bakterie, tak rovněž kvasinky a plísně vyrostlé na neselektivní, nutričně bohaté půdě.

Vysoké hodnoty CPM nesou riziko kažení potravin a dále nízkou údržnost masa. Enzymy, které jsou produkovány těmito bakteriemi, mohou být příčinou rychlého kažení potravin a také příčinou nevolností po požití potravin. Tyto enzymy produkují řadu metabolitů nevhodných pro člověka, jsou termostabilní a nelze je tedy zničit tepelnou úpravou [92].

Tab.14. Vývoj celkového počtu mikroorganismů (log CFU/g)

PCA	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
dny	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	7,1	4,5	5,1	4,5	4,4
S2	7,1	5,8	4,6	5,8	3,8
VAC	7,1	5,1	5,0	4,8	4,7

Pro srovnání lze uvést, že Prokopová [91] ve své práci naměřila hodnotu CPM 24 hodin po porážce u kuřecího mechanicky separovaného masa 8,8 log CFU/g, čímž došlo k naměření o více než 1,7 log CFU/g více než v námi sledovaném stanovení.



Obr.17. Vývoj celkového počtu mikroorganismů

Trend dalšího vývoje, kdy u jednotlivých vzorků již byly aplikovány různé typy balení, se jeví dosti podobným u všech sledovaných mikroorganismů a zahrnuje rozmezí přibližně

3 – 5 log CFU/g, s výjimkou vzorku S2 ve 3. a 8. dni po porážce, kde došlo k navýšení až na hodnotu 5,8 log CFU/g u enterobakterií a CPM. Z tohoto vývoje je patrný zřejmý vliv modifikované atmosféry i vakua na surovinu ve smyslu snížení vstupního počtu jednotlivých mikroorganismů v průběhu celého skladování.

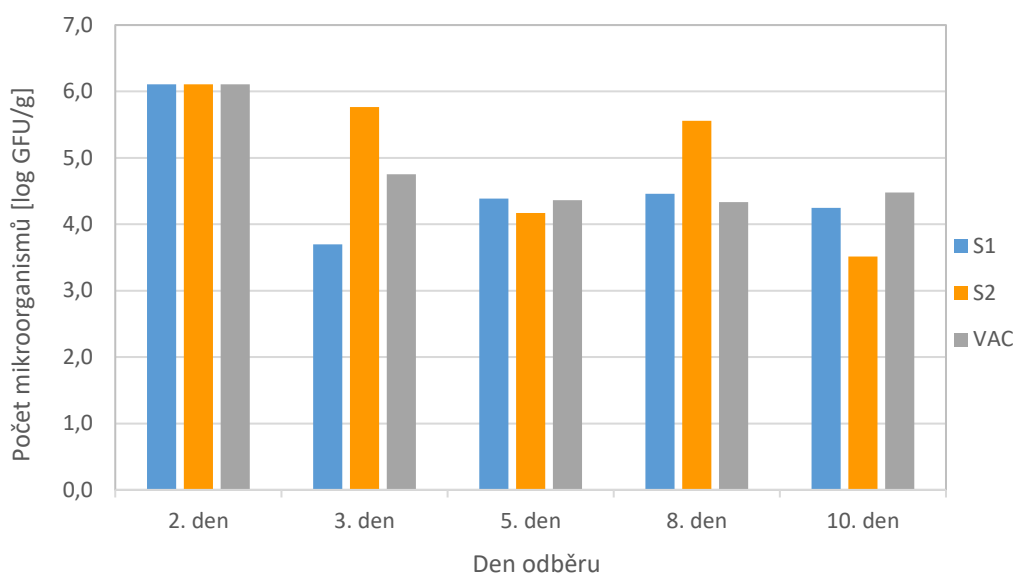
Všechny typy balení vykazovaly snížení počtu mikroorganismů v době mezi 1. a 5. měřením o 1,5 – 2 logaritmické řády, což bylo zaznamenáno všemi druhy vyšetřované mikrof-lóry. V případě CPM se snížil počet mikroorganismů za toto období o více než 1 logaritmický řád.

Tab. 15. Vývoj enterobakterií během skladování v MAP i ve vakuu (log CFU/g)

ENDO	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
dny	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	6,1	3,7	4,4	4,5	4,2
S2	6,1	5,8	4,2	5,6	3,5
VAC	6,1	4,8	4,4	4,3	4,5

Nejnižších hodnot enterobakterií bylo dosaženo 3. den po porážce u směsi S1, kdy lze zaznamenat výrazný rozdíl oproti směsi S2, v diferenci až 2 řádů. Následující měření směs S1 dosahovala poměrně vyrovnaných hodnot v rozmezí 4,2 – 4,5 log CFU/g. Směs S2, obsahující vyšší množství CO₂, v porovnání se směsí S1, nevykazovala tento vyrovnaný trend, ale naopak zde došlo ke střídání vyšších a nižších hodnot s konečným množstvím sledovaných enterobakterií v množství 3,5 log CFU/g. U vakuového balení po počátečních hodnotách enterobakterií v řádu 6,1 log CFU/g došlo k poklesu hodnot při skladování na interval 4,3 – 4,8 log CFU/g (*Obr. 18.*).

Prokopová [91] naměřila ve svém experimentu u kuřecího mechanicky separovaného masa 24 hodin po porážce výslednou hodnotu pro koliformní bakterie 6,7 log CFU/g, což je množství mikroorganismů vyšší ve srovnání s námi naměřenými hodnotami, jež dosáhly 6,1 log CFU/g.

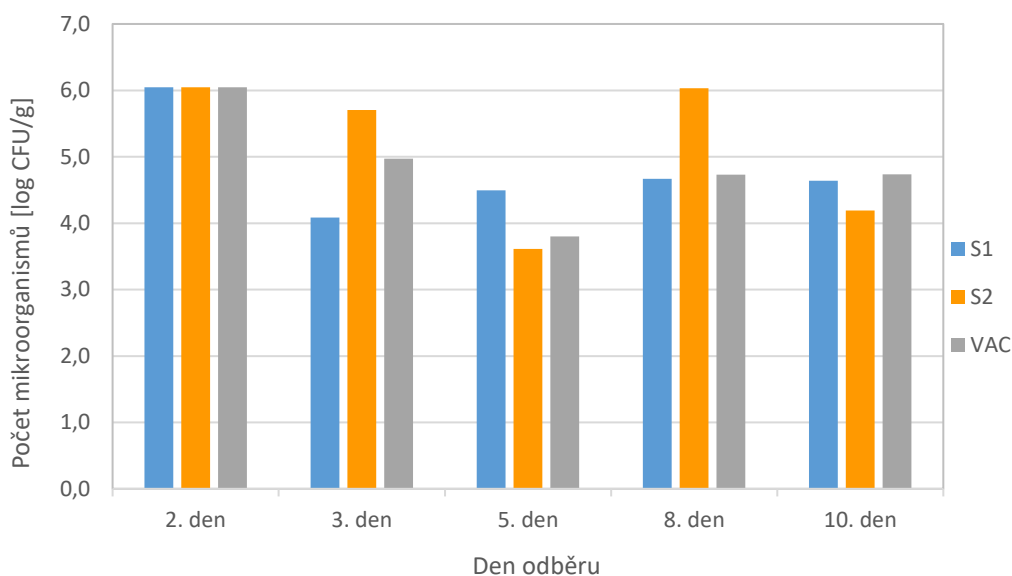


Obr.18. Vývoj enterobakterií během skladování

Stanovení anaerobní mikroflóry vykazuje opět obdobný vývoj jako u stanovení enterobakterií. Nejvyšších počtů bylo dosaženo u vzorku masa S2 (25 % O₂ + 50 % CO₂ + 25 % N₂), vyjma prvotního měření, v době 3. a 8. dne od porážky s tím, že tento typ balení v den posledního měření vykazoval ze všech typů nejnižší hodnotu, jak je patrné z přehledného grafického znázornění (Obr.19). Vyšší hodnoty anaerobní mikroflóry lze u vzorku s vyšším podílem CO₂ vysvětlit tím, že CO₂ vytváří vhodné prostředí pro jejich růst, především pak pro BMK nebo *Brochothrix thermosphacta*.

Tab.16. Vývoj anaerobních mikroorganismů v různých typech balení (log CFU/g)

BHI	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
dny	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	6,0	4,1	4,5	4,7	4,6
S2	6,0	5,7	3,6	6,0	4,2
VAC	6,0	5,0	3,8	4,7	4,7



Obr.19. Vývoj anaerobní mikroflóry během skladování

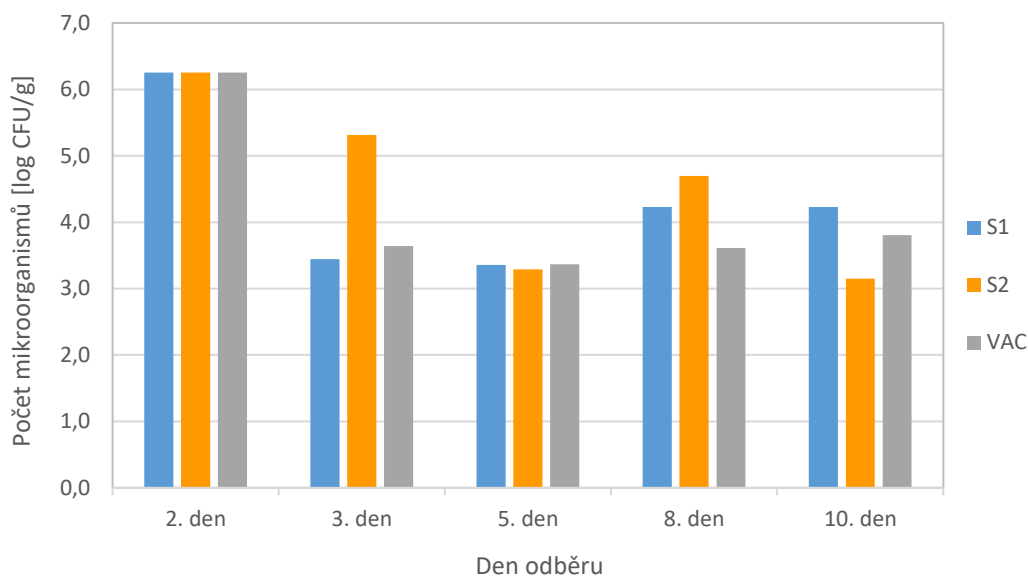
Počty kvasinek a plísní dosahovaly nejnižších hodnot ze všech stanovovaných mikroorganismů, což bylo již predikováno dopředu a z tohoto důvodu se u této mikroflóry při stanovení kultivovalo pouze v ředění 10^{-1} a 10^{-2} , což se ve výsledku ukázalo jako dostačující.

Tab.17. Výsledné hodnoty stanovení kvasinek a plísní (log CFU/g)

CHYGA	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
dny	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	6,3	3,4	3,4	4,2	4,2
S2	6,3	5,3	3,3	4,7	3,1
VAC	6,3	3,6	3,4	3,6	3,8

Pokud pomineme vstupní hodnotu mikroorganismů naměřenou 24 hodin po porážce, tak k největšímu pomnožení kvasinek a plísní došlo v průběhu 3. a 8. dne od porážky u vzorku S2, stejně jako u všech ostatních stanovení. Přehledné znázornění tohoto trendu vývoje pro kvasinky a plísně je vyobrazeno na níže uvedeném obrázku (Obr.20.).

Ve srovnání s měřením Prokopové [91], která ve svém experimentu stanovovala hodnotu kvasinek a plísní pro mechanicky oddělené drůbeží maso 24 hodin po porážce zvířete, lze zaznamenat rozdíl o 1,3 řády nižší ve prospěch námi provedeného experimentu.



Obr.20. Vývoj kvasinek a plísní během skladování ve vakuu a MAP

Z odborné literatury je zřejmé, že pouze psychrotrofní BMK, jako jsou druhy *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus*, *L. fuchuensis*, *Carnobacterium divergens*, *C. maltaromaticum* nebo *Leuconostoc* spp., mohou dosáhnout na maso v MAP nebo vakuově baleném a skladovaném při chladírenských teplotách vyšších počtů buněk [29].

Blacha a kol. [92] uvádí, že v případě balení krutých prsních řízků v MA s vysokým obsahem kyslíku (80 % O₂ + 20 % CO₂) balení vykazovalo pouze malou výhodu v barvě, oxidaci lipidů i sensorické kvalitě ve srovnání s balením též suroviny ve vakuu nebo v jiném typu ochranné atmosféry (80 % N₂ + 20 % CO₂), (20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂) při skladování při 3 °C. Vliv vysoké hodnoty kyslíku v MAP na kvalitu masa se liší podle typu svalové části masa.

Výsledkem práce Jiménez a kol. [34] sledující skladování kuřecích prsních řízků v různém typu balení bylo zjištění, že u vakuového balení došlo k prodloužení údržnosti dosažením limitu 8 log CFU/g o 2 – 3 dny nad rámec životnosti prostého balení kuřecího masa, kde k překročení limitu došlo během 4 – 5 dnů skladování. Tento trend byl zaznamenán rovněž u MAP, kdy u složení 30 % CO₂ a 70 % O₂ bylo dosaženo prodloužení trvanlivosti v porovnání s prostým balením o 4 dny déle a u směsi MA 70 % CO₂ a 30 % N₂ dokonce o 12 – 13 dnů déle.

Fašiangová [35] ve své práci hodnotí údržnost drůbežího masa v MA o složení 30 % CO₂ a 70 % N₂. Zmíněné složení plynů zde popsala jako faktor, jež zvyšuje údržnost až na 7 dnů.

Rovněž Balamatsia a kol. [33] prezentují, že toto složení MA dokáže oproti prostému balení zvýšit trvanlivost kuřecího masa ze 4 na 7 dní.

Cortez-Vega a kol. [90] vyzdvihují vliv 100% CO₂ jako hlavního inhibitoru mikrobiálního růstu, čímž dojde k prodloužení trvanlivosti kuřecího masa.

Fašiangová [35] dále vysvětluje, že v důsledku přítomnosti CO₂ v MA dochází k prodloužení tzv. *lag* fáze růstového cyklu mikrobů. Uvádí, že mechanismus inhibičního účinku CO₂ spočívá v jeho působení na propustnost lipidové dvojvrstvy v buněčné membráně a ve snížení její funkce. CO₂ je navíc schopen zablokovat enzymatickou dekarboxylaci během metabolismu bakterií.

Fang a kol. [17] zhodnotili, že vysoké hladiny O₂ v atmosféře kuřecího masa podporují rozvoj aerobních mikroorganismů, což lze potlačit přidávkem CO₂, dále napomáhají oxidaci tuků a zvýšení malondialdehydu, jehož množství je ukazatelem míry oxidace. Kyslík je využíván především pro zachování barvy masa, což je aspekt přitažlivý pro spotřebitele, a jeho použití v MA je spíše pro krátkodobé skladování čerstvého masa.

7.5.3 Chemický rozbor masa

7.5.3.1 Výsledky měření pH

Hodnota pH je jedním z mnoha kvantitativních znaků pro objektivní posouzení změn v mase v průběhu skladování. Pro hodnocené maso, v němž s velkou pravděpodobností postupně začíná hnilobný proces, se pohybují hodnoty pH od 6,2 do 6,8. Pokud jsou hodnoty pH vyšší, lze usuzovat, že maso může být zkažené. Projevy kažení je však nutné potvrdit například senzory. Pouze na základě hodnot pH není možné jednoznačně rozhodnout o tom, jestli je maso zkažené [88].

Tato metoda společně se stanovením pH výluhu masa patří mezi orientační, nepřímé stanovení amoniaku ve vzorku. Společně se zvyšujícím se obsahem amoniaku dochází i k nárůstu hodnoty pH masa, neboť amoniak má zásaditý charakter [26].

Pomocí vpichové elektrody byly v průběhu experimentu zjištěny následující hodnoty, uvedené v *Tab.18.*, které byly pro lepší vizualizaci rovněž zapracovány do grafického znázornění (*Obr.21.*). Každá hodnota je aritmetickým průměrem 10 měření a je zde zmíněna také směrodatná odchylka. Naměřené hodnoty pH u všech 15 vzorků se pohybovaly v rozmezí 5,62 – 6,31, tedy v rozmezí hodnot, které nepřísluší hodnotit jako pH zkaženého masa.

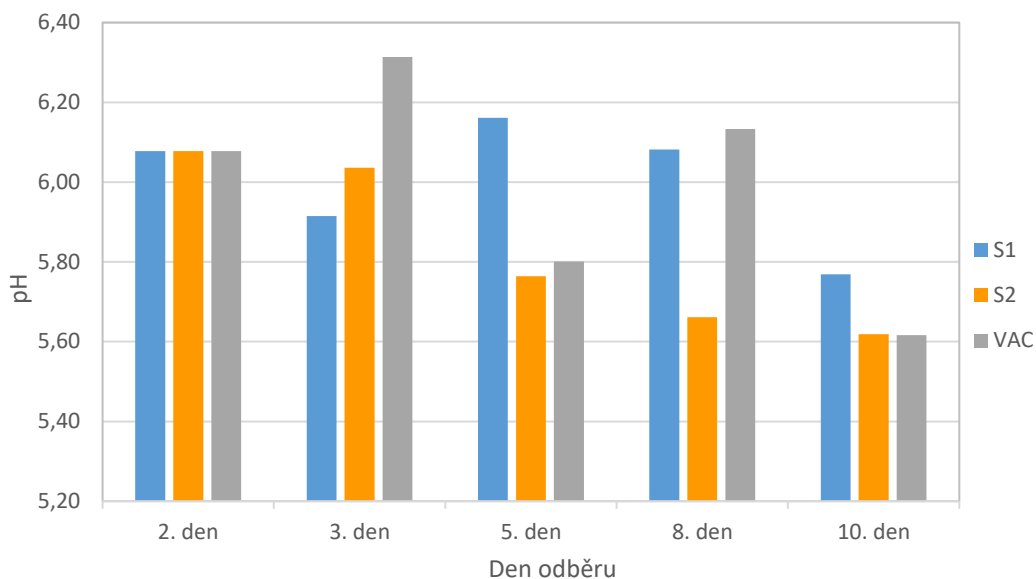
Tab.18. Výsledné hodnoty pH v závislosti na typu balení a době skladování

pH	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
Vzorek	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	6,08 ± 0,08	5,92 ± 0,18	6,16 ± 0,08	6,08 ± 0,05	5,77 ± 0,05
S2	6,08 ± 0,08	6,04 ± 0,08	5,76 ± 0,09	5,66 ± 0,09	5,62 ± 0,04
VAC	6,08 ± 0,08	6,31 ± 0,10	5,80 ± 0,06	6,13 ± 0,10	5,62 ± 0,11

Z uvedených výsledků je patrné, že způsob balení mohl ovlivnit hodnoty pH během 10 dnů skladování, jak je patrné z níže uvedeného grafu. U vzorků masa S2 (25 % O₂ + 50 % CO₂ + 25 % N₂) skladovaného s atmosférou s vyšším obsahem CO₂ lze zaznamenat trend snižujících se hodnot pH, a to od počáteční hodnoty 6,08 v době 24 hodin po porážce až k hodnotě 5,62, která byla naměřena 10. den po porážce.

Pro srovnání lze uvést výsledky měření, které uvedli ve své práci Cortez-Vega a kol. [90], po aplikaci MA ve formě použití 100%CO₂ u kuřecích prsních řízků v 9. dnu skladování a touto hodnotou je pH 5,9. Rovněž zde byla uvedena jako možný důvod zvýšení pH v průběhu skladování akumulace metabolitů z mikrobiálního růstu v podobě hromadění aminů a amoniaku psychrotrofními bakteriemi.

U vzorků kuřecích řízků skladovaných v atmosféře s vysokým obsahem kyslíku S1 (90 % O₂ + 10 % CO₂) došlo nejprve k poklesu pH, dále 5. den po porážce dosáhly hodnoty nejvyššího stupně a následoval pokles až na hodnotu pH 5,77. Vůbec nejvyšší hodnoty pH bylo dosaženo u vzorků balených vakuově, a to 3. den po porážce hodnotou 6,31, nicméně na konci experimentu tato hodnota dosáhla míru shodnou se vzorkem masa označeného jako S2, tedy 5,62, která je zároveň nejnižší naměřenou hodnotou pH u tohoto experimentu.



Obr.21. Vývoj pH masa podle typu balení a doby skladování

Simeonovová [11] ve své práci uvádí, že prsní svalovina kuřat vykazuje po porážce pH 6,3 s postupným snižováním na pH 5,8. Šánek [95] na základě svého skladovacího pokusu u kuřecích prsou skladovaných v chladničce při 8 °C bez použití MA nebo vakua došel k závěru, že původní pH 5,8 v den nákupu masa se postupně navýšilo na hodnotu 6,1, kterou vykazovalo 12. den skladování masa.

Cortez-Vega a kol. [90] naměřili v experimentu podobajícím se zadání této diplomové práce hodnoty pH v rozmezí od 5,92 v den porážky do 6,01 v době 9. dne po porážce s tím, že 9. den bylo dosaženo pH u kuřecích prsních řízků skladovaných v MAP 5,91. Trend průběhu hodnot pH vykazuje obdobné znaky výsledkům tohoto měření. Cortez-Vega a kol. použili aplikaci MAP ve složení 50 % O₂ a 50 % CO₂.

Bedrníček a kol. [48] dospěli k názoru, že jako důvod nižších hodnot pH u modifikované atmosféry lze označit možné pomnožení bakterií mléčného kvašení v prostředí s nízkou hladinou kyslíku nebo rozpuštění CO₂ z MA do suroviny, kdy dojde k jeho přeměně na kyselinu uhličitou, což přispívá k okyselení masa. Též Rubio a kol. [94] vyhodnotili obdobný závěr.

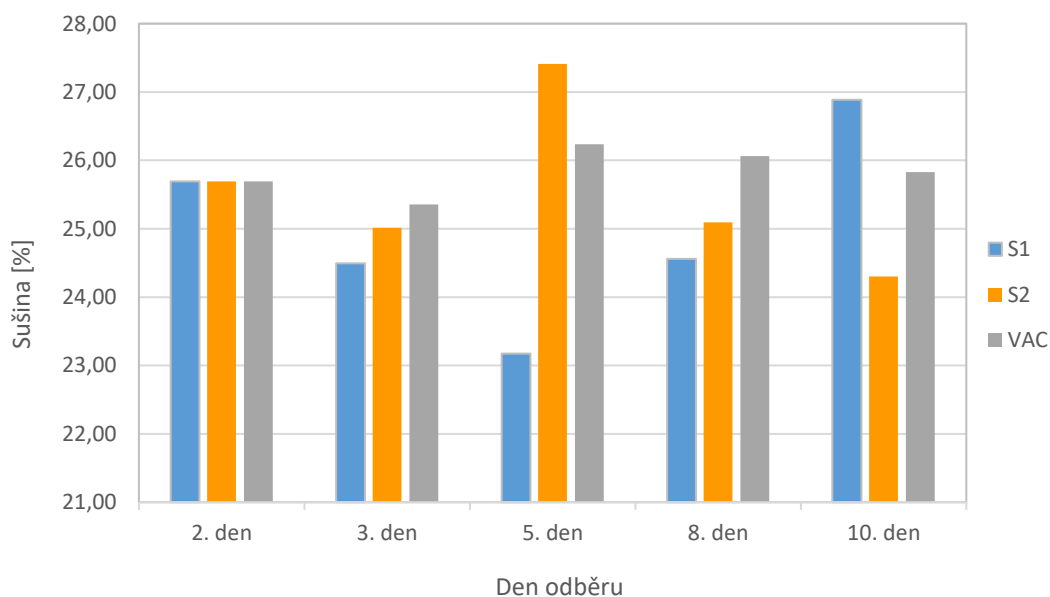
7.5.3.2 Výsledky měření obsahu sušiny

Obsah vody a sušiny patří k nejsledovanějším ukazatelům jakosti masa. Voda v surovině ovlivňuje dynamiku růstu a odolnost mikroorganismů.

Sušina byla stanovena podle postupu uvedeného ve výše uvedené kapitole na základě vysušení při teplotě 102 °C po dobu 5 hodin do konstantní hmotnosti a výsledky zaznamenány v následující tabulce a grafickém znázornění (Tab.19., Obr.22.). Obsah sušiny je dán rozdílem hmotnosti suroviny před a po sušení.

Tab.19. Obsah sušiny ve vzorcích v závislosti na typu balení a době skladování

SUŠINA	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
Vzorek	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	25,69 ± 0,55	24,49 ± 0,14	23,18 ± 0,07	24,56 ± 0,08	26,89 ± 0,12
S2	25,69 ± 0,55	25,01 ± 0,12	27,41 ± 0,19	25,09 ± 0,26	24,30 ± 0,22
VAC	25,69 ± 0,55	25,36 ± 0,53	26,24 ± 0,43	26,06 ± 0,25	25,83 ± 0,16



Obr.22. Grafické znázornění obsahu sušiny podle typu balení a doby skladování

Dle odborné literatury se obsah vody v masě pohybuje v rozmezí 70 – 75 % a optimální hodnoty sušiny v závislosti na typu svaloviny se pohybují přibližně od 25 – 30 %. Z výsledků této práce je zřejmé, že naměřené hodnoty tohoto experimentu, které se pohybují v rozmezí 23,18 – 27,41 % v průběhu skladování, až na drobné výjimky odpovídají údajům uvedených v literatuře. Nejvyššího obsahu sušiny ze všech vzorků bylo dosaženo 5. den po porážce u směsi S2 s 50% obsahem CO₂. Naopak nejnižší obsah sušiny byl zaznamenán též den u směsi S1 s 90 % O₂. Za možný důvod zvýšeného obsahu vody, a tedy snížení obsahu sušiny, lze považovat skutečnost, že v masě probíhají v průběhu skladování

nejrůznější rozkladné procesy, například rozklad bílkovin, kde je produktem amoniak a také vznikající voda, která tímto navýší její původní množství. Nejvyrovnanější průběh obsahu sušiny vykazují vzorky vakuově balené.

Šánek [95] ve své práci, kde rovněž hodnotí obsah vody u kuřecího masa v průběhu skladování v chladničce při teplotě 8 °C, naměřil hodnoty obdobné výsledkům tohoto experimentu.

7.5.3.3 Výsledky stanovení amoniaku

Metody pro stanovení obsahu amoniaku je možné využít pro jednorázové, aktuální, stanovení obsahu amoniaku v daném vzorku, ale větší význam má provádět toto stanovení v rámci dynamiky změn obsahu amoniaku za určité časové období, jak bylo učiněno v této diplomové práci. Dle výše uvedeného postupu analýzy byly provedeny u každého vzorku 3 opakování a stanoven aritmetický průměr pro pozdější výpočet dosazením do vztahu pro výpočet amoniaku.

V teoretické části práce byly zmíněny kategorie čerstvosti masa podle obsahu amoniaku, kde se za maso čerstvé považuje maso v intervalu obsahu tohoto parametru od 120-170 mg/kg. Za maso zkažené je považováno maso přesahující hodnot 360 mg/kg. Na základě naměřených hodnot (Tab.20.) lze konstatovat, že vzorky ve všech stádiích měření dosahovaly podstatně nižších hodnot a ani při senzoričtém posouzení čichem nebyly zaznamenány projevy kažení masa.

Tab.20. Obsah amoniaku [mg/kg] v závislosti na typu balení a době skladování

Obsah NH ₃	21.4.	22.4.	24.4.	27.4.	29.4.
Vzorek	2. den	3. den	5. den	8. den	10. den
S1	30,5	78,7	63,5	53,3	57,1
S2	30,5	76,2	68,5	38,1	53,3
VAC	30,5	73,6	63,5	45,7	48,2

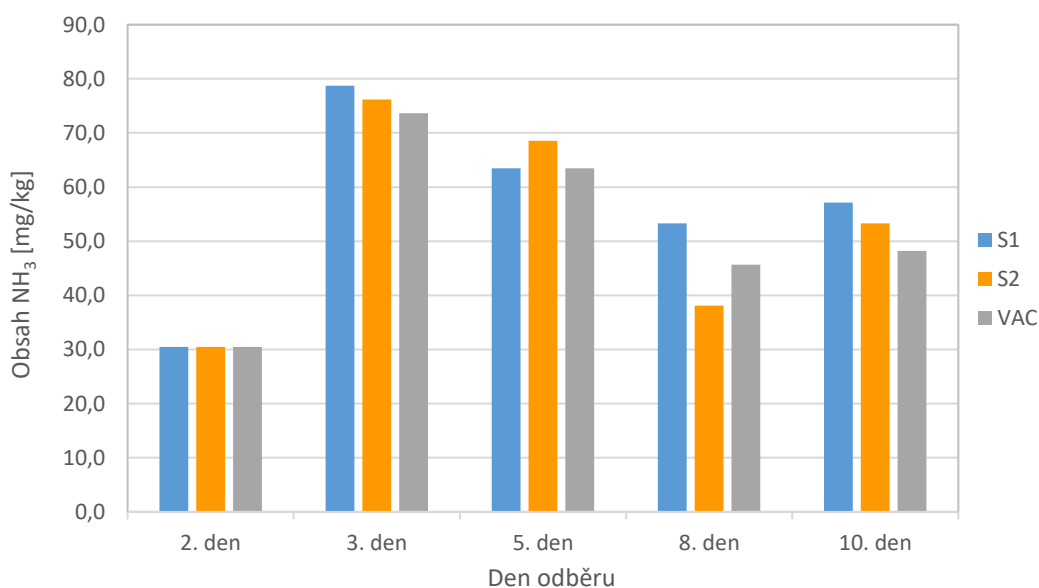
Maso kuřecích prsních řízků 24 hodin po porážce dosahovalo hodnot obsahu amoniaku 30,5 mg/kg. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo 3. den po porážce hodnotami 73,6 – 78,7 mg/kg, a to u všech třech typů balení. Všechna balení vykazují po celou dobu měření po-

dobný trend vývoje, tedy po počáteční nízké hodnotě následuje nejvyšší obsah NH_3 s postupně klesající tendencí a v závěrečném měření dojde k mírnému navýšení NH_3 .

Trend vývoje je v rozporu s měřením provedeným v rámci experimentu Šánka [95], kde měl vývin obsahu amoniaku pouze stoupající tendenci. Je však nutno zmínit, že tento experiment byl sledován za jiných podmínek, u kuřecího masa skladovaného v chladničce při $8\text{ }^\circ\text{C}$ bez použití aplikace MA nebo vakua.

Prudké navýšení obsahu amoniaku v době 3. dne po porážce lze přisuzovat rozkladu bílkovin (proteolýze), který probíhá v rámci postmortálních změn masa. Na vzniku proteolýzy se podílejí mikroorganismy a enzymy, které produkují. Kyselost masa s hodnotami pod 6,0 přítomnou mikroflóru inhibuje. Postupně dochází k odbourávání kyseliny mléčné za vzniku vody a CO_2 , dochází k poklesu kyselosti a zvýšení pH, což lze považovat za příznivé podmínky pro tvorbu mikroorganismů. Z výsledků této práce je patrná vzájemná vazba jednotlivých sledovaných parametrů experimentu, což je zřejmé z podobnosti trendů vývoje jednotlivých sledovaných analýz [23].

Trend klesajícího obsahu NH_3 , který byl zaznamenán v 5. a především 8. dnu od porážky (Obr.23.) lze vysvětlit teorií o možné propustnosti obalového materiálu (polyetylen, polypropylen) použitého pro účel tohoto pokusu, který je s největší pravděpodobností vůči NH_3 inertní, a snížení obsahu NH_3 lze tedy připisovat možné difúzi.



Obr.23. Graf závislosti obsahu amoniaku na typu balení a době skladování

ZÁVĚR

Obecně lze říci, že balení potravin je důležité z hlediska ochrany před mechanickým poškozením, oxidačně-redukčními a organoleptickými změnami a tím zachování kvality potravin. V současnosti jsou často využívány především balicí systémy, které přispívají k prodloužení trvanlivosti suroviny. Pro čerstvé drůbeží maso lze použít kombinaci plynů kyslíku a oxidu uhličitého, popřípadě s přidavkem dusíku. Údržnost čerstvého chladírensky skladovaného drůbežího masa, které poměrně rychle podléhá zkáze, lze označit jako 5 + 2 dny. Tato práce se zabývá myšlenkou, zda je možné tuto dobu prodloužit použitím modifikované atmosféry a vakua.

Cílem práce bylo porovnání balení kuřecích prsních řízků v MA a vakuovém balení během 10 denního skladovacího pokusu, kdy bylo provedeno 5 měření u třech typů vzorků, jež byly zabaleny různým způsobem. Vzorek S1 obsahoval 90 % O₂ a 10 % CO₂, vzorek S2 pak 25 % O₂, 50 % CO₂ a 25 % N₂ a posledním typem balení masa bylo vakuové balení. Veškeré vzorky byly v průběhu skladování uchovávány v chladírenské místnosti při stabilní teplotě 2 ± 2 °C dle pokynů výrobce kuřecího chlazeného masa. Jednotlivé analýzy probíhaly vždy za dodržení přísných hygienických podmínek. Průběžně probíhala rovněž analýza plynů v balení, aby byl vyloučen vliv změny složení skladovací atmosféry. K mírným výkyvům, ohledně složení plynů v balení, došlo pouze v porovnání posledních dvou měření v řádu přibližně 2 %, a to k poklesu obsahu kyslíku u vzorku S1 a snížení obsahu CO₂ u vzorku S2. Jako možnou příčinu lze uvést případnou spotřebu kyslíku mikroorganismy a určitý stupeň propustnosti CO₂ obalovým materiálem. Z výsledků měření obsahu N₂ v balení je zřejmý trend pozvolného navýšování jeho množství v rozmezí 31,6 – 38,3 %.

Mikrobiologická analýza zahrnovala stanovení celkového počtu mikroorganismů, anaerobní mikroflóry, enterobakterií, kvasinek a plísní. Mikrobiologický rozbor prokázal, že u všech sledovaných mikroorganismů došlo během skladování v MAP i vakuu ke snížení jejich počtu, ve srovnání s množstvím 24 hodin po porážce, kdy drůbeží maso dosahovalo nejvyšších hodnot mikroorganismů. Pouze v případě stanovení anaerobních mikroorganismů u vzorku S2 8. den po porážce došlo k navýšení na hodnotu 6 log CFU/g srovnatelnou se vstupním počtem zmíněné mikroflóry. Nicméně v době následujícího měření byla tato hodnota opět ponížena na 4,2 log CFU/g. Z pohledu mikrobiologické analýzy v průběhu skladování vakuové balení nevykazovalo výrazné odchylky od MAP, vyšší hodnoty byly zaznamenány spíše u vzorku S2. V posledním 10. skladovacím dnu však bylo

dosaženo u vakuového balení vyšších hodnot v porovnání s oběma typy modifikované atmosféry, s maximálním rozdílem přibližně 0,5 logaritmického řádu. Celkový počet mikroorganismů zahrnující stanovení bakterií, kvasinek a plísní po celou dobu skladování, včetně vstupní hodnoty 24 po porážce, nepřekročil hodnotu 7,1 log CFU/g.

Chemický rozbor vzorků se zabýval stanovením sušiny, pH a amoniaku. Pokud vycházíme z předpokladu, že vstupní hodnoty parametrů sledovaných v rámci chemické analýzy naměřené vždy 24 hodin po porážce jsou stejné pro všechny vzorky, pak rozdíly ve vývoji kuřecího masa v průběhu 10denního skladování lze připsat na vrub právě odlišnému složení atmosféry ve složení obalu. Počáteční pH pro tento experiment je pH 6,08 pro maso 24 hodin po porážce bez použití MAP nebo vakua. V průběhu skladování došlo ke změnám pH v intervalu 5,62 – 6,31. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo u vzorků balených vakuově v průběhu 3. a 8. dne po porážce, vzorek S1 pak rovněž dosáhl pH vyšší než v době 24 hodin po porážce, a to v 5. a 8. dnu měření. Jediný S2 vzorek lze popsat trendem pravidelně klesajícího pH. Z výsledků stanovení sušiny během měření je zřejmé, že obsah sušiny, až na drobné snížení v době 3. dne po porážce u vzorku S1, kdy došlo ke snížení obsahu sušiny na hodnotu 23,18 %, se pohyboval v rozmezí běžném pro tento typ masa. Navýšení obsahu vody je možné zdůvodnit rozkladnými procesy masa, kdy vedlejším produktem je také voda. Na základě stanovení obsahu amoniaku lze konstatovat, že předpoklad postupného zvyšování se amoniaku v balení masa z důvodů rozkladu bílkovin, který je od určité hodnoty rovněž známkou kažení masa, nebyl jednoznačně zaznamenán. Trend vývoje amoniaku nabyt poněkud odlišného charakteru v tom smyslu, že nejprve došlo k navýšení z původních 30,5 mg/kg amoniaku v mase na 73,6 – 78,7 mg/kg, pak následovalo mírné snížení obsahu a v závěrečném měření došlo opět k mírnému navýšení NH₃. Tyto výkyvy lze zřejmě zdůvodnit možným pronikáním NH₃ obalovým materiálem, neboť tento je vůči amoniaku inertní. Stálo by za úvahu zabývat se tímto problémem průniku amoniaku obalovými materiály do budoucna, aby bylo možné objektivně posoudit, na kolik může být tímto procesem ovlivněno stanovení amoniaku v MAP a vakuovém balení. Nicméně naměřené hodnoty v průběhu celého experimentu nepřekročily hodnoty, které by naznačovaly kažení kuřecí svaloviny, což lze označit za velmi pozitivní z pohledu prodloužení délky trvanlivosti těmito popisovanými způsoby balení.

Z výše uvedených výsledků nelze jednoznačně upřednostnit některý ze zmíněných druhů balení kuřecího masa, ale lze s určitostí zkonstatovat, že tyto typy balení prodlužují údržnost kuřecího masa minimálně na 10 dnů od porážky zvířete, za dodržení chladírenského

řetězce a hygienických podmínek při vlastním zpracování a následném skladování, čehož je možné docílit zpomalením nežádoucích pochodů probíhajících v mase ovlivněním atmosféry balení. Tímto lze jen potvrdit, že MAP a vakuové balení potravin oprávněně splňují stále se zvyšující nároky spotřebitele na kvalitu balených potravin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SIMEONOVÁ, J., INGR, I., GAJDŮŠEK, S. *Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 122 s. ISBN 978-80-7157-708-9
- [2] Vyhláška č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Těšnov: EAGRI. Ministerstvo zemědělství, 2016. [online]. [2019-10-10]. Dostupné na WWW: http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation§ion=1&id=85945&name=69/2016
- [3] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, kterým se stanoví specifické hygienické předpisy pro potraviny živočišného původu. [online]. [2019-10-10]. Dostupné na WWW: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:314:0010:0012:CS:PDF>
- [4] PEŠEK, M. a kolektiv. *Potravinářské zbožiznalství*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000. 175 s. ISBN 80-7040-399-3
- [5] LANGMAIER, F. *Nauka o zboží*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta managementu a ekonomiky, 2004. 144 s. ISBN 80-7318-173-8
- [6] PIPEK, P. *Základy technologie masa*. Vyd. 1. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1998. 104 s. ISBN 80-7231-010-0
- [7] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., BŘEZINA, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007. 186 s. ISBN 987-80-7318-521-3
- [8] *Produkce masa v ČR v roce 2018*. Maso. [online]. [2019-10-23]. Dostupné na WWW: <https://www.maso.cz/produkce-masa-v-cr-v-roce-2018/>
- [9] *Spotřeba masa v roce 2017 podle OECD*. Maso. [online]. [2019-10-19]. Dostupné na WWW: <https://www.maso.cz/spotreba-masa-v-roce-2017-podle-oecd/>

- [10] *Spotřeba masa v hodnotě na kosti (na obyvatele za rok)*. Český statistický úřad: Veřejná databáze. [online]. [2019-10-19]. Dostupné na WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2018>
- [11] SIMEONOVÁ, J. a kolektiv. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 241 s. ISBN 80-7157-405-8
- [12] ELFERINK, E. V., NONHEBEL, S. *Variations in land requirements for meat production*. Journal of Cleaner Production, 15/2007. s. 1778-1786. [online]. [2019-11-10]. Dostupné na WWW: [https://doi.org/\(...\).jclepro.2006.04.003](https://doi.org/(...).jclepro.2006.04.003)
- [13] *Produkce a spotřeba masa v EU v letech 2018 - 2020*. Maso. [online]. [2019-11-05]. Dostupné na WWW: <https://www.maso.cz/produkce-a-spotreba-masa-v-eu-v-letech-2018-2020/>
- [14] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I*. Tábor, 2009. 580 s. ISBN 978-80-86659-15-2
- [15] VÁCLAVOVSKÝ, J. a kol. *Chov drůbeže*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000. 150 s. ISBN 80-7040-446-9
- [16] INGR, I. *Produkce a zpracování masa*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 202 s. ISBN 80-7157-719-7
- [17] FANG, Z., ZHAO, Y., ZHANG, M. *Current practise and innovations in meat packaging*. Australian meat processor corporation, 2015. [online]. [2019-11-10]. Dostupné na WWW: <https://www.ampc.com.au/uploads/cgblog/id14/Current-Practice-and-Innovations-in-Meat-Packaging.pdf>
- [18] BEDNÁŘ, J. *Hodnota pH – významná veličina pro určování vlastností čerstvého masa*. Maso, 4/2019. s. 32-36
- [19] SALÁKOVÁ, A. *Instrumentální hodnocení textury a barvy masa a masných výrobků*. Maso, 2/2015. ISSN 1210-4086
- [20] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. a kol. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?* Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4

- [21] DUBOST, A., MICOL, D., PICARD, B., LETHIAS, C., ANDUEZA, D., BAUCHART, D., LISTRAT, A. *Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality*. Meat Science, 2013. s. 555-561. ISSN 0309-1740
- [22] NOLLET, L. M. L. a kol. *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2007. 719 s. ISBN 978-0-81382-446-8
- [23] INGR, I. *Základy konzervace potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 137 s. ISBN 978-80-7375-110-4
- [24] STEINHAUSER, L. a kolektiv. *Hygiena a technologie masa*. Vyd. 1. Brno: Last, 1995. 664 s. ISBN 80-900260-4-4
- [25] INGR, I. *Zrání masa a jeho praktický význam*. Český svaz zpracovatelů masa. [online]. [2018-11-10]. Dostupné na: WWW: <http://www.cszm.cz/clanek.asp?typ=1&id=894>
- [26] KOPŘIVA, V., HOSTOVSKÝ, M., NEKVAPIL, T., BOUDNÝ, V., MALOTA, L. *Vybrané instrumentální metody v biochemických cvičeních – inovované úlohy*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2012. 47 s. ISBN 978-80-7305-627-8
- [27] DOULGERAKI, A. I., ERCOLINI, D., VILLANI, F., NYCHAS, G. J. E. *Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions*. International Journal of Food Mikrobiology, 2012. 157/2, s. 130-141. ASSN 01681605
- [28] SERRAINO, A., BARDASI, L., RIU, R., PIZZAMIGLIO, V., LIUZZO, G., GALLETI, G., GIACOMETTI, F., MERIALDI, G. *Visual evaluation of cattle cleanliness and correlation to carcass microbial contamination during slaughtering*. Meat Science, 2012. s. 502-506. ISSN 0309-1740
- [29] KAMENÍK, J. a kol. *Maso jako potravina*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. 328 s. ISBN 978-80-7305-673-5
- [30] BRUCKNER, S., ALBRECHT, A., PETERSEN, B., KREYENSCHMIDT, J. *Characterization and comparison of spoilage processes in fresh pork and poultry*. Journal of Food Quality, 2012. ISSN 1745-4557

- [31] KAMENÍK, J., JANŠTOVÁ, B., SALÁKOVÁ, A. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-723-7
- [32] YANG, X., YOUSSEF, M. K., GILL, C. O., BADONI, M., LÓPEZ-CAMPOS, Ó. *Effects of meat pH on growth of 11 species of psychrotolerant clostridia on vacuum packaged beef and blown pack spoilage of the product*. Food Microbiology, 2014. s 13-18. ISSN 0740-0020
- [33] BALAMATSIA, C. C., PALEOLOGOS, E. K., KONTOMINAS, M. G., SAVVAIDIS, I. N. *Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 °C: Possible role of biogenic amines as spoilage indicators*. Antonie van Leeuwenhoek Journal, 2006. 89/1. s. 9-17
- [34] JIMÉNEZ, S. M., SALSI, M. S., TIBURZI, M. C., RAFAGHELLI, R. C., TESSI, M. A., COUTAZ, V. R. *Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 °C : in fluence of packaging methods*. Journal of Applied Microbiology, 1997. [online]. [2019-11-27]. Dostupné na WWW: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2672.1997.00276.x>
- [35] FAŠIANGOVÁ, M. *Význam obalu u hydinového masa*. Maso, 4/2018. s. 16-21
- [36] MEREDITH, H., VALDRAMIDIS, V., ROTABAKK, B. T., SIVERTSVIK, M., Mc DOWELL, D., BOLTON, D. J. *Effect of different modified atmospheric packaging (MAP) gaseous combinations on Campylobacter and the shelf-life of chilled poultry fillets*. Food Microbiology, 2014. [online]. [2019-11-27]. Dostupné na WWW: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.06.005>
- [37] BLACKBURN, C. *Food spoilage microorganisms*. Vyd. 1. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006. 712 s. ISBN 978-1-84569-141-7
- [38] KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. a kolektiv. *Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012. 494 s. ISBN 978-80-7418-086-6
- [39] ŠTURMA, Z. *Balení potravin do modifikovaných atmosfér (systém MAP)*. Firemní prezentace, Linde Gas, 2014
- [40] SMEJTKOVÁ, A. *Balení v potravinářském průmyslu*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. 193 s. ISBN 978-80-2864-8

- [41] HERZAU, E. *Vývoj v balení potravin*. Svět balení, 1/2004. s. 38-39
- [42] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2006. 180 s. ISBN 80-7318-405-2
- [43] DOBIÁŠ, J., ČURDA, D. *Sylabus textů k přednáškám z předmětu Balení potravin*. Provizorní učební text. Praha: VŠCHT Praha, 2004. [online]. [2020-03-02]. Dostupné na WWW: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/B/B.pdf
- [44] DOBIÁŠ, J. *Aktivní balení potravin*. Svět balení, 3/2005. s. 42-43
- [45] NÁPRAVNÍKOVÁ, E. *Nové technologie balení potravin*. Svět balení, 2/2007. s. 18-19
- [46] YAM, K. L., TAKHISTOV, P. T., MILTZ, J. *Intelligent Packaging: Concepts and Applications*. Journal of Food Science, 2005. 70/1
- [47] *Balení čerstvého porcovaného masa*. Packaging, 4/2002. s. 28-30
- [48] BEDRNÍČEK, J., JIROTKOVÁ, D., SMETANA, P., SAMKOVÁ, E., LAKNEROVÁ, I. *Sledování fyzikálně-chemických a senzorických parametrů v průběhu skladování loveckého salámu v závislosti na způsobu balení*. Maso, 5/2018. s. 37-42
- [49] RAO, D. N., SACHINDRA, N. M. *Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products*. Food Reviews International, 18/2002. s. 263-293
- [50] ROBERTSON, G. L. *Food packaging – principles and practice*. 3rd edition. Boca Raton, FL: CRC Press, c2013, xxix. 703 s. ISBN 978-1-4398-6241-4
- [51] Mc MILLIN, K. W. *Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat*. Meat Science, 80/2008. s. 43-65
- [52] ZHOU, G. H., XU, X. L., LIU, Y. *Preservation technologies for fresh meat – A review*. Meat Science, 86/2010. s. 119–128
- [53] HANUŠOVÁ, K., DOBIÁŠ, J. *Balení masa a masných výrobků v ochranné atmosféře*. Maso, 4/2009. s. 3-18
- [54] DOBIÁŠ, J. *Balení potravin v MA*. Svět balení, 2/2007. s. 20-22
- [55] *MAP (Modified Atmosphere Packaging) balení v modifikované atmosféře*. Firemní dokumentace, Linde Gas
- [56] POKORNÁ, J. *Balení potravin do modifikované atmosféry – trend, nebo nezbytnost současnosti?* Potravinářská revue, 6/2017. s. 29-30

- [57] *Analýzy složení modifikované atmosféry*. Svět balení, 2/2005. s. 29-31
- [58] HAN, J. H. *Innovations in food packaging*. Second edition. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2014. ISBN 9780123946010
- [59] VOLEK, V. *Balení v modifikované atmosféře – cesta k prodloužení údržnosti čerstvých potravin*. Svět balení, 3/2000. s. 4-5
- [60] BOROVIKA, L. *Modifikovaná atmosféra při balení potravin: Cesta k delší trvanlivosti*. Maso, 4/2018. s. 8-11
- [61] O'SULLIVAN, M. G., KERRY, J. P. *Meat packaging*. In: Toldra, F. Handbook of Meat Processing. Vyd. 1. Ames: Wiley-Blackwell, 2010. s. 247-261. ISBN 978-0-8138-2182.5
- [62] KAMENÍK, J., BARTO, J., SALÁKOVÁ, A. *Haltbarkeit von unter Schutzatmosphäre verpacktem Schweinefleisch*. Fleischwirtschaft 92 (6), 2012. s. 100-104
- [63] BALEY, Z. A., CALEB, O. J., OPARA, U. L. *Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: A review*. Food Packaging and Shelf Life, 2016. [online]. [2020-03-20]. Dostupné na WWW: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.08.001>
- [64] PRÁŠILOVÁ, J., KAMENÍČEK, J. *Výroba kyslíku a dusíku*. [online]. [2020-30-03]. Dostupné na WWW: <http://docplayer.cz/10252323-Vyroba-kysliku-a-dusiku-mgr-jana-prasilova-prof-rndr-jiri-kamenicek-csc.html>
- [65] WICHTERLE, K. *Chemické technologie*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2579-3
- [66] *Oxid uhličitý v průmyslu a životním prostředí*. Česká asociace technických plynů. [online]. [2020-20-03]. Dostupné na WWW: http://catp.eu/wp-content/uploads/files/publikace/igc_doc_101-03-cz.pdf
- [67] DVOŘÁKOVÁ, L., ČÍŽKOVÁ, M., ZMYDLENÝ, T., KLIMEK, T., TUČEK, V., HANZAL, J. *Kyslík*. Česká asociace technických plynů. [online]. [2020-25-03]. Dostupné na WWW: <http://catp.cz/publikace2.php>
- [68] DVOŘÁKOVÁ, L., POJEZNÁ, Z., HAMERNÍK, J., HOLUB, M., KRÁTKÝ, D., KŘEPELKA, R., ROHAN, P., TUČEK, V. *Dusík*. Česká asociace technických plynů. [online]. [2020-29-03]. Dostupné na WWW: <http://catp.cz/publikace2.php>
- [69] VOLEK, V. *Dusík nejlépe on-site*. Svět balení, 2/2007. s. 23

- [70] *Plyny v potravinářství. Česká asociace technických plynů.* [online]. [2020-08-03]. Dostupné na WWW: <http://catp.eu/publikace/>
- [71] FARMER, N., *Trends in packaging of food, beverages and other fast-moving consumer goods (FMCG): markets, materials and technologies.* Oxford: Woodhead Publishing, 2013. ISBN 978-0-85709-503-9
- [72] KERRY, J., KERRY, J., LEDWARD, D. *Meat processing – Improving quality.* Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. ISBN 9781855735835
- [73] HOLST E. J., SMIT N. R., SUMMERFIELD J. W. (2012). *Fresh meat color in vacuum packaged or modified atmosphere packaged fresh meat products.* US 20120027896 A1
- [74] KROPF, D. H. *Packaging/modified and controlled atmospheres.* Encyclopedia of meat sciences, 2004. s. 962-969
- [75] SOLOMON, J. *Eliminating oxygen.* Meat Poultry 50 (9), 2004. s. 38-41
- [76] DUCKOVÁ, V. a kolektiv. *Označovanie a balenie potravín.* Vyd. 1. Nitra: SPU v Nitre, 2012. 166 s. ISBN 978-80-552-086-2
- [77] JONGBERG, S., WEN, J., TORNGREN, M. A., LUND, M. N. *Effect of high-oxygen atmosphere packaging on oxidative stability and sensory quality of two chicken muscles during chill storage.* Food Packaging and Shelf Life 1, 2014. s. 38-48
- [78] KERRY, J. P., O'GRADY, M. N., HOGAN, S. A. *Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review.* Meat Science 74, 2005. s. 113-130
- [79] COLES, R., McDOWELL, D., KIRWAN, M. J. *Food packaging technology.* Oxford: Blackwell, 2003. 346 s. ISBN 18-412-7221-3
- [80] DONG, S. L., *Carbon dioxide absorbers for food packaging applications. Review.* Trend in Food Science & Technology 57, 2016. s. 146-155
- [81] FANG, Z., ZHAO, Y., WARNER, R. D., JOHNSON, S. K. *Active and intelligent packaging in meat industry. Review.* Trends in Food Science & Technology 61, 2017. s. 60-71
- [82] FRAQUEZA, M. J., BARRETO, A. S. *Gas mixtures approach to improve turkey meat shelf life under modified atmosphere packaging: The effect of carbon monoxide.* Poultry Science, 9/2011. s. 2076-2084

- [83] ARVANITOYANNIS I. S., STRATAKOS A. C. *Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: A review*. Food and Bioprocess Technology 5, 2012. s. 1423-1446
- [84] *Dusík versus oxid uhličitý*. Svět balení 2, 2007. [online]. [2020-30-03]. Dostupné na WWW: <https://www.svetbaleni.cz/2007/03/01/sb-2-2007-hlavn-tma-baleni-potravin-baleni-potravin-v-ma/>
- [85] BRODY, A. L. *Modified atmosphere packaging*. In: Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering, Heldman D. R. (Ed.). New York: Marcel Dekker, 2003. s. 666-670
- [86] Obrázek. *Analyzátor plynu*. [online]. [2020-04-02]. Dostupné na WWW: <http://www.greenfieldseg.com/index.php/mocon-analytical-instruments/o2-co2-analyzer/checkpoint>
- [87] PLEVA, P. *Mikrobiologická jakost hermeticky uzavřených dlouhodobě skladovaných tavených sýrů*. Bakalářská práce, Zlín: UTB ve Zlíně, fakulta technologická, 2008.
- [88] STRAKA, I., MALOTA, L. *Chemické vyšetření masa (klasické laboratorní metody)*. Tábor: OSSIS, 2006. 104 s. ISBN 80-86659-09-7
- [89] HANÁK, M. *Trvanlivost drůbežího masa při rozdílných způsobech balení*. Diplomová práce, AF MZLU v Brně, 2009. s. 74
- [90] CORTEZ-VEGA, W. R., PIZATO, S., PRENTICE, C. *Quality of raw chicken breast stored at 5°C and packaged under different modified atmospheres*. Journal of Food Safety 32/3, 2012. s. 360-368. ISSN 01496085
- [91] PROKOPOVÁ, P. *Vliv aditiv na trvanlivost mechanicky odděleného masa*. Bakalářská práce. Zlín: UTB ve Zlíně, fakulta technologická, 2008
- [92] BLACHA, I., KRISCHEK, C., KLEIN, G. *Influence of modified atmosphere packaging on meat quality parameters of turkey breast muscles*. Journal of Food Protection 77, 2014. s. 127-132
- [93] BRYCHTA, J., BRYCHTA, T., BULAWOVÁ, H., KLÍMOVÁ, E. *Mikrobiální kontaminace JUT a pohyb bakterií ve výrobním prostředí*. Veterinářství 64/2014. s. 875-883
- [94] RUBIO, B., MARTINEZ, B., SANCHEZ, M. J., GARCIA-CACHAN, M. D., ROVIRA, J., JAIME, I. *Study of the shelf life of a dry fermented sausage "Salchi-*

chon” made from raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and stored under modified atmospheres. Meat Science 74/2007. s. 128-137

- [95] ŠÁNEK, L. *Stanovení základních nutričních charakteristik masa a sledování změn během skladování*. Diplomová práce. Zlín: UTB ve Zlíně, fakulta technologická, 2009.

SEZNAM LEGISLATIVNÍCH PŘEDPISŮ

- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 294/1997 Sb. o mikrobiologických požadavcích na potraviny, způsob jejich kontroly a hodnocení ze dne 12. prosince 1997 (platná do roku 2004)
- Nařízení komise (ES) o mikrobiologických kritériích pro potraviny č. 2073/2005 ze dne 15. listopadu 2005
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 853/2004, ze dne 29. dubna 2004 – zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu
- ČSN 56 9609: Pravidla správné hygienické a výrobní praxe – Mikrobiologická kritéria pro potraviny, principy stanovení a aplikace
- Zákon č. 110/1997 Sb., ze dne 24. dubna 1997 o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 258/2000 Sb., ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 477/2001 Sb., ze dne 31. prosince 2001 o obalech a o změně některých zákonů
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES ze dne 20. prosince 1994 o obalech a obalových odpadech
- Zákona č. 350/2011 Sb., ze dne 29. listopadu 2011 o chemických látkách a chemických směsích (chemický zákon)
- Směrnice Komise 96/77/ES ze dne 2. prosince 1996 – specifická kritéria pro čistotu potravinářských přídatných látek jiných než barviva a sladidla platných v zemích EU
- Směrnice FDA (Food and Drug Administration) ze dne 24. ledna 2018 platné v USA

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADP	adenosindifosfát
ATP	adenosintrifosfát
BHI	Brain Heart Infusion Broth
BMK	bakterie mléčného kvašení
BSE	bovinní spongiformní encefalopatie
CA	controlled atmosphere (řízená atmosféra)
CFU/g	colony forming units/g (kolonie tvořící jednotku)
CHYGA	Chloramphenicol Yeast Glucose Agar
CO ₂	oxid uhličitý
ČSÚ	Český statistický úřad
ENDO	Endo Agar Base
EU	Evropská unie
FDA	Food and Drug Administration
JUT	jatečně upravené tělo
log	logaritmus
MA	modified atmosphere (modifikovaná atmosféra)
MAP	balení v modifikované atmosféře
MDA	malondialdehyd
N ₂	dusík
O ₂	kyslík
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PCA	Plate count agar
PSA	pressure swing adsorption
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
TBA	thiobarbiturové číslo

USA Spojené státy americké

VSA vacuum swing adsorption

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1.	Graf spotřeby masa v hodnotě na kosti	13
Obr.2.	Metody prodlužování trvanlivosti potravin	28
Obr.3.	Schéma vakuového skin balení Darfresh ®.....	33
Obr.4.	Základní stavební kameny technologie MAP.....	35
Obr.5.	Grafický souhrn jevů čerstvého produktu baleného do ochranné atmosféry	37
Obr.6.	Zachycování dusíku na molekulových sítích.....	39
Obr.7.	Princip dělení vzduchu membránovou filtrací.....	39
Obr.8.	Lindeho způsob zkapalňování vzduchu.....	40
Obr.9.	Podíl technických plynů na světovém trhu.....	42
Obr.10.	Vliv atmosféry 100% CO ₂ na zpomalení nárůstu počtu mikroorganismů	47
Obr.11.	Směšovač plynů a zásobník směsi plynů.....	49
Obr.12.	Komplexní řešení systému modifikované atmosféry	52
Obr.13.	Analyzátor plynu	59
Obr.14.	Schéma desítkového ředění	61
Obr.15.	Conwayova nádobka s roztoky.....	64
Obr.16.	Srovnání odstínů barvy vakuově baleného masa a masa v MAP (8. den).....	66
Obr.17.	Vývoj celkového počtu mikroorganismů	68
Obr.18.	Vývoj enterobakterií během skladování	70
Obr.19.	Vývoj anaerobní mikroflóry během skladování	71
Obr.20.	Vývoj kvasinek a plísní během skladování ve vakuu a MAP	72
Obr.21.	Vývoj pH masa podle typu balení a doby skladování	75
Obr.22.	Grafické znázornění obsahu sušiny podle typu balení a doby skladování	76
Obr.23.	Graf závislosti obsahu amoniaku na typu balení a době skladování	78
Obr.24.	Balení kuřecího masa do modifikované atmosféry	97

Obr.25. Uskladnění vzorků v chladírenské místnosti při teplotě 2 ± 2 °C	97
Obr.26. Analýza složení plynů kontrolního vzorku balení masa.....	98
Obr.27. Směšovací zařízení pro balení masa	98
Obr.28. Petriho misky s kultivačními půdami	99
Obr.29. Hazard box s pomůckami pro kultivaci vzorků.....	99
Obr.30. Odečet celkového počtu mikroorganismů na PCA agaru.....	100
Obr.31. Kultivace vzorků kuřecího masa	100
Obr.32. Přístroj na automatické odečítání kolonií	101
Obr.33. Kultivace vzorku masa na CHYGA agaru v 10. skladovacím dnu	101
Obr.34. Conwayova nádobka se vzorkem	102

SEZNAM TABULEK

Tab.1. Produkce a spotřeba drůbežího masa v EU v letech 2016 – 2018 (1000 t JUT).....	14
Tab.2. Chemické složení masa u různých druhů drůbeže	16
Tab.3. Kategorie čerstvosti masa dle obsahu amoniaku	21
Tab.4. Růstové vlastnosti původců kažení masa při chladírenských teplotách	25
Tab.5. Nejvyšší mezní hodnoty počtu mikroorganismů pro potraviny neurčené k přímé spotřebě (maso)	26
Tab.6. Dominující mikroflóra u jednotlivých typů balení potravin.....	27
Tab.7. Srovnání trvanlivosti masa a masných výrobků vystavených působení vzduchu a balených v MAP	36
Tab.8. Složení vzduchu.....	38
Tab.9. Složení atmosféry a teploty skladování potravin balených v modifikované atmosféře	51
Tab.10. Složení plynů v balení vzorků S1 a S2 určených k analýze	58
Tab.11. Kultivační podmínky pro stanovení mikroorganismů	60
Tab.12. Analýza plynů kontrolního balení	65
Tab.13. Analýza plynů v balení MAP	65
Tab.14. Vývoj celkového počtu mikroorganismů (log CFU/g).....	68
Tab.15. Vývoj enterobakterií během skladování v MAP i ve vakuu (log CFU/g).....	69
Tab.16. Vývoj anaerobních mikroorganismů v různých typech balení (log CFU/g)	70
Tab.17. Výsledné hodnoty stanovení kvasinek a plísní (log CFU/g)	71
Tab.18. Výsledné hodnoty pH v závislosti na typu balení a době skladování	74
Tab.19. Obsah sušiny ve vzorcích v závislosti na typu balení a době skladování.....	76
Tab.20. Obsah amoniaku [mg/kg] v závislosti na typu balení a době skladování.....	77

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: FOTODOKUMENTACE PRAKTICKÉ ČÁSTI EXPERIMENTU

PŘÍLOHA P I: FOTODOKUMENTACE PRAKTICKÉ ČÁSTI EXPERIMENTU



Obr.24. Balení kuřecího masa do modifikované atmosféry



Obr.25. Uskladnění vzorků v chladírenské místnosti při teplotě $2 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$



Obr.26. Analýza složení plynů kontrolního vzorku balení masa



Obr.27. Směšovací zařízení pro balení masa



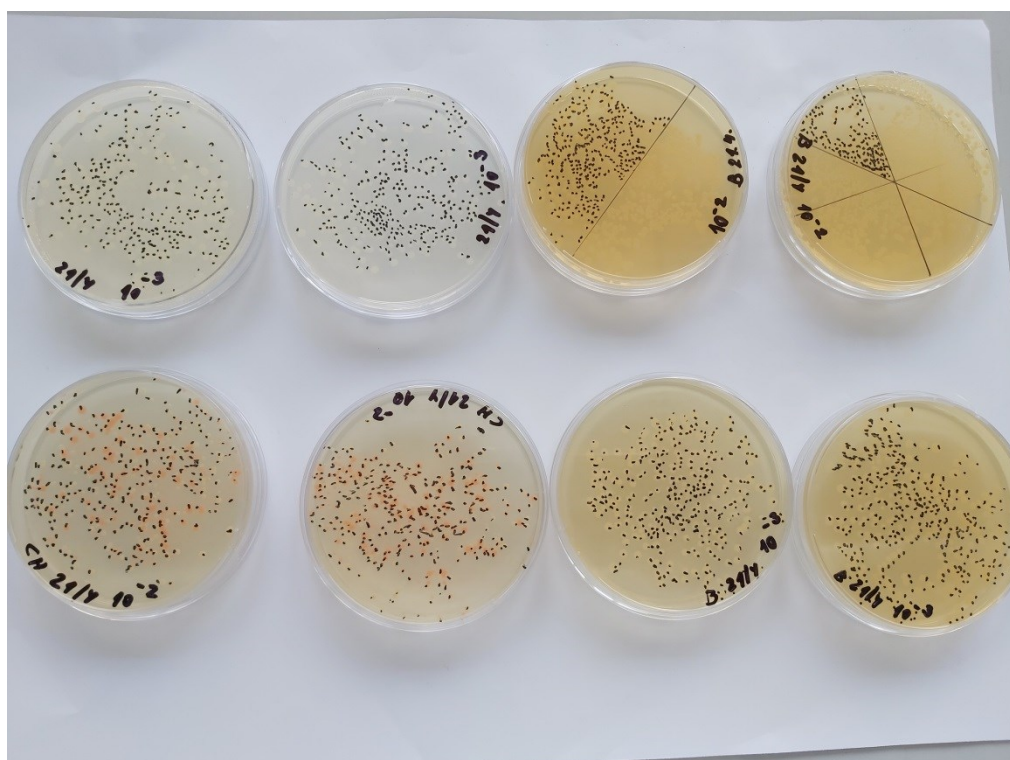
Obr.28. Petriho misky s kultivačními půdami



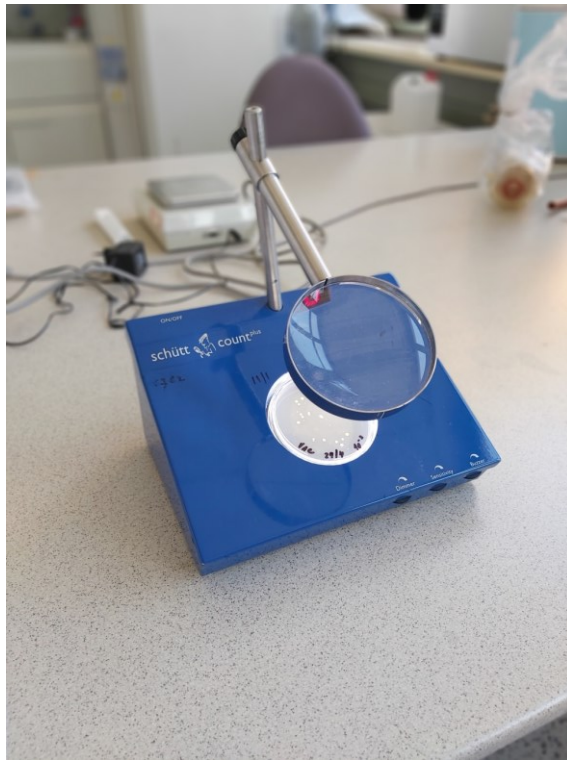
Obr.29. Hazard box s pomůckami pro kultivaci vzorků



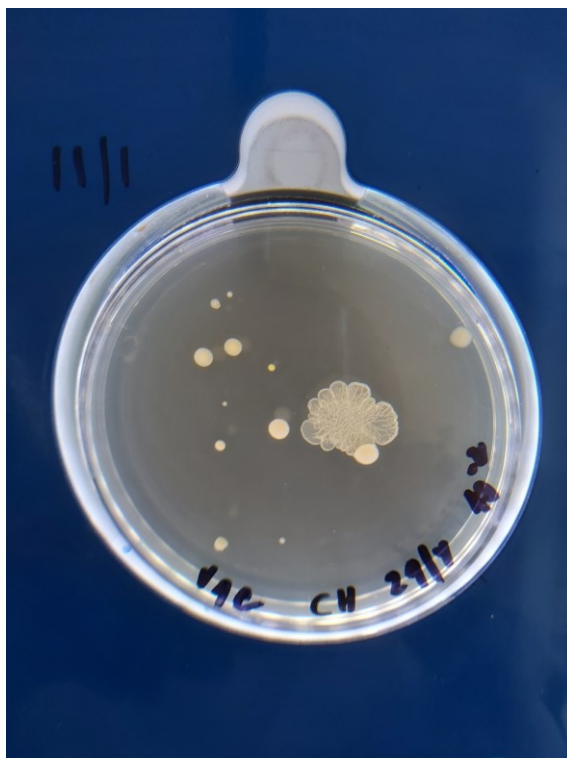
Obr.30. Odečet celkového počtu mikroorganismů na PCA agaru



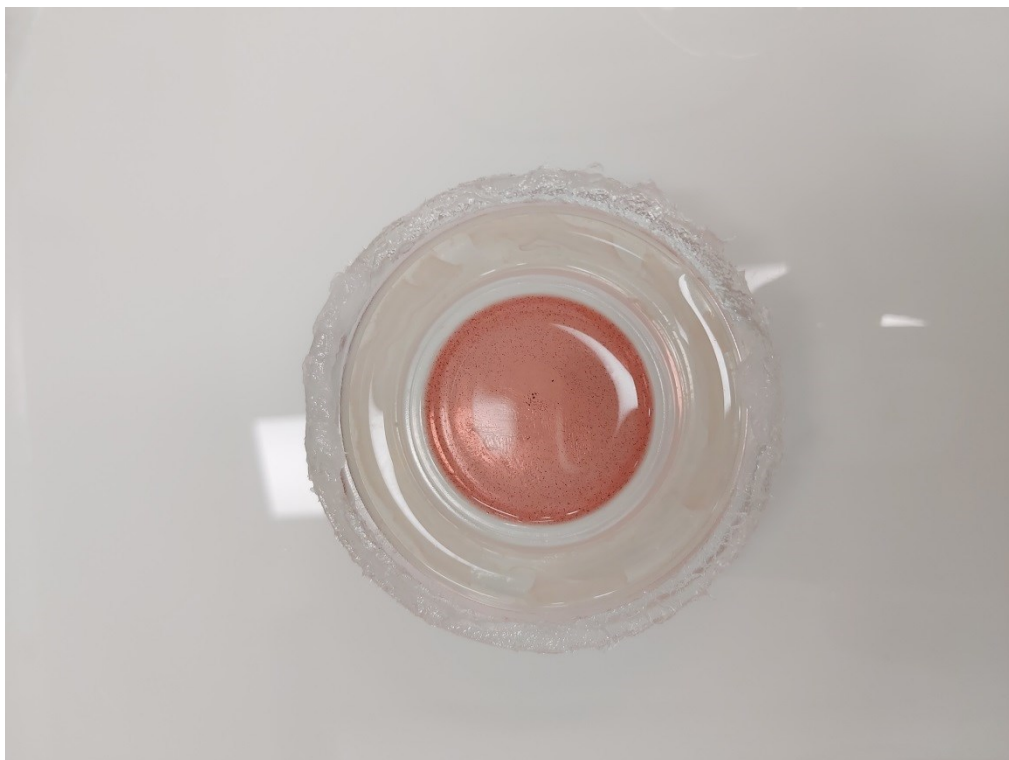
Obr.31. Kultivace vzorků kuřecího masa



Obr.32. Přístroj na automatické odečítání kolonií



Obr.33. Kultivace vzorku masa na CHYGA agaru v 10. skladovacím dnu



Obr.34. Conwayova nádobka se vzorkem