

Sledování stability přírodních barviv v různých potravinách

Bc. Daniela Malíková

Diplomová práce
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Daniela Malíková
Osobní číslo:	T20054
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Sledování stability přírodních barviv v různých potravinách

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Studium dostupné literatury a provedení literární rešerže na dané téma.

Vytipování vhodných přírodních barviv pro potraviny a sledování jejich změn během skladování.

Zpracování výsledků a diskuze.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] Harsito, C., Prabowo, A.R., Prasetyo, S.D., Arifin, Z. Enhancement stability and color fastness of natural dye: A review(2021) Open Engineering, 11 (1), pp. 548-555. Albuquerque, B.R., Oliveira, M.B.P.P., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives (2021) Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61 (5), pp. 805-835

[2] Vědecké zdroje uvedené v databázích Web of Science, SCOPUS, knižní odborné publikace aj.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

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

V této práci je popsán vznik barev. Jakým způsobem ji vnímá lidské oko. Představuje barevný model $L^*a^*b^*$, vyvinutý Mezinárodní komisí pro osvětlení (CIE). Zaměřuje se na přírodní barviva a jejich využití v potravinách. Sleduje stárnoucí procesy přírodních barviv a s nimi spojené barevné změny. Proces degradace barviva byl monitorován v mléce, jogurtech, komponentech a nápojích. Za zástupce přírodních barviv byla vybrána barviva žlutá mrkev, beta karoten, červená řepa, černá mrkev.

Klíčová slova: Barva, přírodní barviva, měření barevných změn.

ABSTRACT

In this work, the formation of colors is described. How it is perceived by the human eye. It represents the $L^*a^*b^*$ color model, developed by the International Commission on Illumination (CIE). It focuses on natural dyes and their use in food. It monitors the aging processes of natural dyes and the associated color changes. The dye degradation process was monitored in milk, yogurts, components and beverages. Yellow carrot, beta carotene, beetroot, black carrot were selected as representatives of natural dyes.

Keywords: Color, natural dyes, measurement of color changes.

Chtěla bych poděkovat představitelům firmy Frujo a.s., kteří mi umožnili pracovat na mé diplomové práci. Ráda bych touto cestou poděkovala i panu profesorovi Mlčkovi za pomoc při zpracování diplomové práce. Stejně tak patří poděkování všem, kteří mi byli jakkoli nápomocni při tvorbě této diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VZNIK BAREVNÉHO VNÍMÁNÍ	11
1.1 LIDSKÉ OKO	11
1.2 ZPRACOVÁNÍ SVĚTELNÉHO PODNĚTU	12
1.3 SVĚTELNÉ VELIČINY	14
1.4 MĚŘENÍ CHOVÁNÍ SVĚTLA	15
2 POSOUZENÍ BAREV	18
2.1 SPEKTROSKOPIE	18
2.2 KOLOROMETRIE	18
2.3 TVORBA BAREVNÝCH MODELŮ.....	19
2.3.1 Barevný prostor CIE L*a*b*	22
3 BARVIVA V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU	24
4 LEGISLATIVA V EU	27
5 VÝBĚR PŘÍRODNÍCH PIGMENTŮ	28
5.1 ANTOKYANY	28
5.2 KAROTENOIDY	29
5.3 BETALAINY	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
6 CÍL PRÁCE	31
7 SLEDOVÁNÍ BAREVNÝCH PARAMETRŮ	32
7.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	32
7.2 METODIKA	33
7.2.1 Mléko	33
7.2.2 Jogurt.....	33
7.2.3 Komponent.....	34
7.2.4 Nápoj	35
8 SPEKTOFOTOMETR HUNTERLAB – ULTRASCAN PRO	37
8.1 POSTUP PŘI MĚŘENÍ:.....	38
9 VÝSLEDKY A DISKUZE	40
9.1 LIGHT BOX	40
9.1.1 Žlutý pigment.....	40
9.1.2 Červený pigment	44
9.2 SKLADOVÁNÍ V LEDNICI.....	48
9.2.1 Žlutý pigment.....	49

9.2.2 Červený pigment	53
ZÁVĚR	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	67
SEZNAM TABULEK	68
SEZNAM GRAFŮ	70

ÚVOD

Barva je u potravin prvním znakem, který konzument vnímá a na jehož základě se často rozhoduje při jejím výběru. Intuice člověka se již v minulosti projevovala právě při hodnocení potravy a tento faktor nás ovlivňuje i v dnešní době. Potraviny podléhající ztrátě barvy se často pro konzumenta stávají neatraktivní a zákazník si to mnohdy nesprávně spojuje s horší kvalitou potravin. Degradaci barvy podléhají potraviny běžně při teplotní zátěži, působení světla, oxidaci a stárnutí. Potravinářský výrobek může být ovlivněn také sezonními vlivy, ale i skladováním nebo technologickým zpracováním. Aby nedocházelo ke ztrátám barvy během technologického zpracování, může být tato ztráta kompenzována potravinářským barvivem.

Cílem použití barviv v potravině je tedy pouze upravit přirozené rozdíly v barvě u nedostatečně vybarvených potravin a zajistit pozitivního vnímání potravin a také doplnit ztrátu barvy způsobenou vnějšími vlivy. Klíčovou roli hraje barva i pro výrobce, který je schopen minimalizovat barevné ztráty již počátku výroby. Například vhodným výběrem vstupních surovin, kontrolou výroby a skladovacím režimem. Spotřebitel si nejprve všimá barvy a až na základě jejího vyhodnocení zkoumá další vlastnosti potravin jako vůně, textura aj. Pro udržení standardního výrobku mohou výrobci využívat senzorické hodnocení a měření barvy, na jehož základě udržují vysokou kvalitu potravin. Během technologického zpracování sledování barvy mezi velmi důležité parametry může odhalit jakékoliv provozní závady. U barvy neexistuje fyzikální měřítko tak jako u hmotnosti nebo délky. Barvu můžeme hodnotit senzoricky zrakem nebo pomocí instrumentálních metod. Pomocí přístrojů zvaných fotometry, spektrofotometry nebo kolorimetry [1].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VZNIK BAREVNÉHO VNÍMÁNÍ

Člověk je bytost, u které se schopnost vnímání barev dobře vyvinula a s rozvojem řeči dochází i k její interpretaci. Touha podělit se o své pocity a dokonalý popis vedla již v minulosti o sestavení jednoduchých metod. Mezi průkopníky je zařazen výtvarník Albert H. Munsell, který v roce 1905 zajistil charakteristiku barev papírkovou metodou. Tento systém by však nefungoval bez dokonalého lidského celku [1].

1.1 Lidské oko

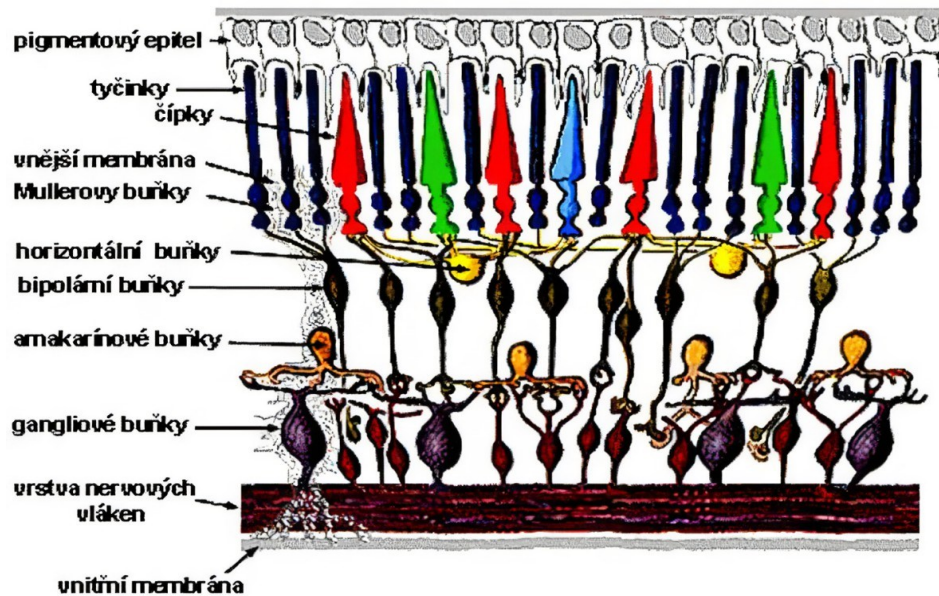
Lidské oko představuje velmi složitý orgán, jež přijímá světelné paprsky pohybující se v elektromagnetických vlnách. Velikost přijímaných elektromagnetických vln je rozdílná. Vlny prochází okem, očním prostředím a dopadají na sítnici oka, kde dochází ke kaskádovému spuštění chemických reakcí. Sítnice je tvořena několika vrstvami, ve kterých dochází ke spojení nervových buněk. V místě dopadu dojde k podráždění, které vede odezvu vzruchu nervem do mozku. Barevné vidění je tedy reakcí vytvořenou interakcí miliard neuronů v mozku, které umožní tento vjem vyhodnotit a dále zpracovat [2, 3].

Optický systém oka je citlivý na elektromagnetické šíření světla a je schopné rozeznat již nepatrné spektrální rozdíly i 1nm. Má tvar polokoule o průměru 12 mm a je složené z rohovky duhovky, zornice, čočky, bělimy, sítnice, kde je situována žlutá a slepá skvrna a nervové propojení. V oční sítnici jsou uloženy tyčinky a čípky. Tyto smyslové buňky reagující na světelný podněty. Tyčinky snímají množství dopadajícího světla a zajišťují skopické vidění. Představují většinu smyslových buněk sítnice umístěných v okrajových částech. Jejich celkový počet dosahuje až 130 mil. Tyčinky jsou složeny pigmentem – rodopsinem, jenž absorbuje světlo a také z bílkoviny opsinu, na který je navázán derivát vitamínu A (11- cis retinal). Čípky zprostředkovávají fotoskopické vidění a jejich úlohou je vnímání barev. Obsahují fotopigmenty s odlišným absorpčním maximem. Podle citlivosti na vlnovou délku rozeznáváme 3 typy čípků:

Čípek citlivý na záření při 440nm – modré

Čípek citlivý na záření při 535nm – zelené

Čípek citlivý na záření při 565nm – červené



Obrázek 1 Soustava tyčinek a čípků v sítnici.

Jsou soustředěny do oblasti nazývané jako žlutá skvrna. Vyskytují se v počtu asi 7 mil. Intenzitu vstupujícího světla reguluje oční duhovka. Oko člověka vnímá paprsky v oblasti barevného spektra v rozmezí od 380 až 760nm a nejcitlivější je při vlnové délce 555nm, která je vnímána jako zelená [3, 4].

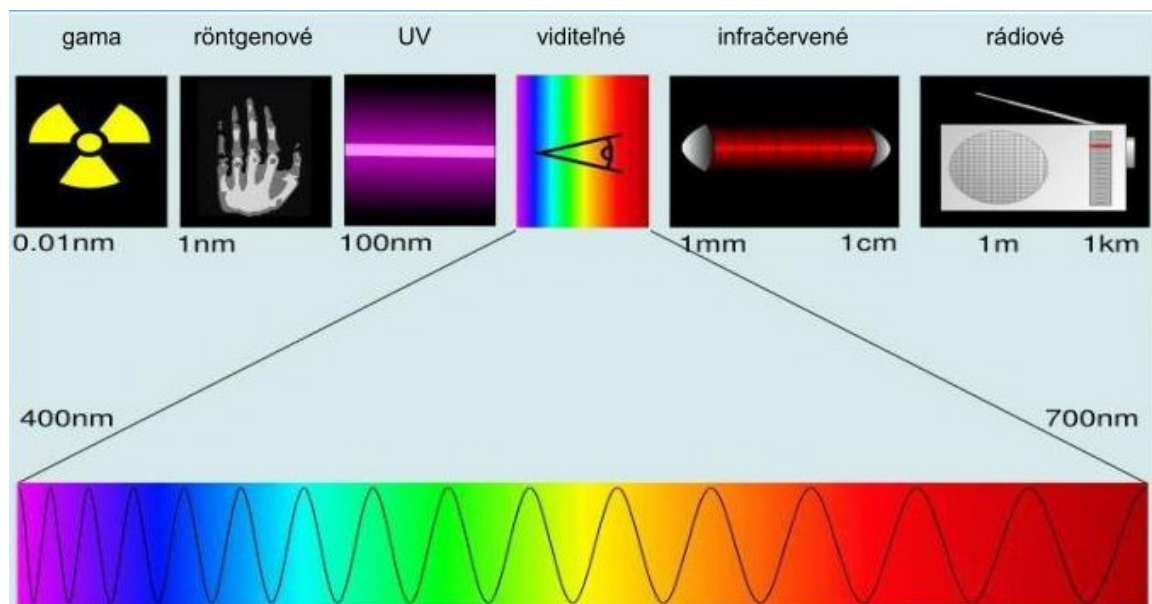
1.2 Zpracování světelného podnětu

Zpracování světelných podnětů se děje v mozku na základě analýzy signálů ze sítnice a výsledkem fotochemických reakcí barviva rodopsinu. Vidíme-li určitou barvu, je to z důvodu odrazení části světelného záření od povrchu předmětu. Tyto odražené specifické elektromagnetické vlnové délky světelné záření z oblasti viditelného světla, které se dostane k našim očím se absorbuje do sítnice. Barva jednotlivých předmětů je také ovlivněna odrazností, kdy daný předmět může část světla pohltit a část světla se odrazí [5, 6].

Při nízké hladině světla oko barvu nevnímá, neboť množství světelných paprsků je velmi malé a čípky odpovědné za schopnost rozlišení barev potřebují vhodnou intenzitu osvětlení. Funkci vidění při nepříznivých světelných podmínkách zprostředkují tyčinky, které jsou citlivé na světlo, ale ty nedisponují barevnou citlivostí [6].

Barva je tedy vytvářena světlem, jež je složeno ze spektrálních barev, ve kterých se mísí chromatické a achromatické signály. Jejich kombinací vzniká barevný požitek. Za zdroj světla jsou považovány objekty, v níž dochází k přeměně energie na elektromagnetickou

energii, která se pohybuje prostředím jako proud částic (foton) nebo ve formě vlny. Záření, která je tvořeno delší vlnovou délkou se chová jako vlna a obsahuje-li kratší vlnové délky její chování se projevuje jako částice. Tento jev světla se označuje tzv. dualismem. Přírodním zdrojem světla je považováno Slunce či hvězdy. Proud sluneční energie dopadající na Zemi se nazývá insolace a závisí na zeměpisné šířce, části dne, části roku [7,8]. Sluneční světlo vnímáme jako bílé, protože je složeno ze všech spekter barev. Délky elektromagnetických vln se mohou lišit. S prodlužující se vlnovou délkou barvy přechází od fialové přes modrou zelenou žlutou až po červené barevné spektrum. Kratší vlnové délky reprezentují ultrafialové záření, a nejkratší rentgenové a gama záření. Kromě přirozených zdrojů světla jsou i zdroje umělé např. žárovka, zářivka nebo diody [8].



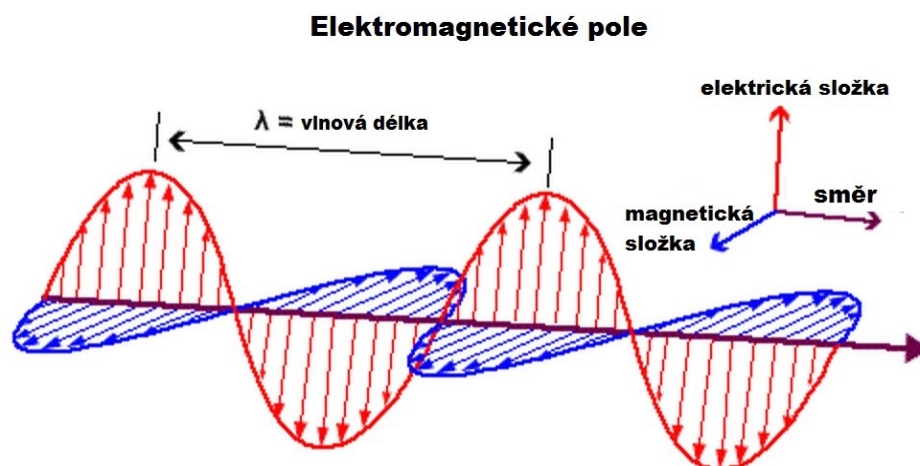
Obrázek 2 Elektromagnetické vlny.

Tyto fotonové částice představují nebezpečí pro živé organismy a jsou zachyceny ochrannou ozónovou vrstvou, jež záření pod 290 nm nepropouští. Disponují velmi vysokou energií schopnou porušit chemickou vazbu. Delší vlnové délky vytvářejí infračervenou oblast, mikrovlny a rádiové vlny. Jeho energie nízká a barvivo obsažené v oční sítnici ji není schopno zaznamenat, tím je pro nás nepozorovatelné. Pro lidské oko je důležitá viditelná část elektromagnetického záření, jež je složeno z barevného spektra o vlnových délkách 380 až 750 nm [10, 11].

Již v minulosti se lidé zabývají pochopením barev. Nejznámější výklad k popisu barev pochází od Isaaca Newtona, jenž vysvětluje promyšlenou teorií barev, která je založena na pozorování skleněného hranolu rozdělující bílé světlo na jednotlivé spektrální barvy [12].

1.3 Světelné veličiny

Světlo většina lidí vnímá jako naprostou samozřejmost a nad jeho fyzikální podstatou ani nepřemýšlí. Byla vytvořena teorie definující elektromagnetického pole, jenž dokazuje souvislost mezi časovou změnou elektrického pole a vyvoláním magnetického pole a naopak. Obě pole se pohybuje v podobě vln, a to rychlostí světla. Maxwellova teorie prokázala souvislosti mezi rychlostí světla a šíření elektromagnetických vln a popsala základní zákony fyzikální optiky [13].



Obrázek 3 Časová změna elektrického a magnetického pole.

Elektromagnetické vlny podléhají všem zákonitostem vlnění:

- zákon o odrazu
- zákon o lomu na rozhraní dvou fází
- interference
- difrakce

Elektromagnetické vlny se pohybují optickým prostředím.

- Průhledné
- Průsvitné
- Neprůhledné

Dělení podle optického hlediska:

- Stejnorodé – homogenní má stejné vlastnosti v celém objemu.
- Izotropní – vlastnosti prostředí jsou nezávislé na směru
- Anizotropní – prostředí jehož vlastnosti závisí na směru šíření světla

Rozdělení podle složení vln:

- Monochromatické světlo obsahuje vlny stejné velikosti, které vnímáme jako určitou barvu.
- Polychromatické – je složeno z různých vlnových délek a jeví se jako bílé světlo. Změníme-li směr dráhy paprsku při průchodu přes opticky hustší prostředí dochází k jeho lomu a rozkladu bílého světla na barevné spektrum. Spektrální barvy nemají mezi sebou hranice a jedna barva plynule přechází v druhou. Ve spektru jsou přítomny všechny barvy a při jejich smíchání vzniká bílé světlo. Světlo, které se pohybuje prostředím dopadá na předmět a podle charakteru látky dochází k absorpenci, transmisi nebo reflektanci [14, 15, 16].

1.4 Měření chování světla

Reflektance

Je poměr intenzity odraženého světla k intenzitě světla dopadajícího vyjádřeného v procentech. Reflektance je závislá na vlnové délce a tloušťce měřeného tělesa (vzorku), který nám tedy vyjadřuje, jak moc objekt světlo o dané vlnové délce odráží [17].

Nedochází-li k průchodu světla přes optické prostředí, tak se paprsek po dopadu odrazí a nastává jev zvaný refrakce (odrazivost) světelných paprsků, kdy odražený paprsek se nachází ve stejné rovině jako dopadající. Úhel α je roven úhlu α' . Množství odraženého světla závisí na daném povrchu a na jeho fyzikálních vlastnostech. Lesklé, hladké předměty jsou schopné téměř 100 % odrazu. Tato veličina je měřena zejména u pevných vzorků, kdy světlo ze zdroje je mnohonásobně rozptýleno vzorkem. Světlo je rozptylováno všemi směry, a proto jsou některé spektrometry určené pro měření reflektance vybaveny zařízením, které se nazývá integrační sféra. Je to komora kulovitého tvaru, která je uvnitř pokryta materiálem, který by měl veškeré dopadající záření odrazit. Nejlepší odrazné vlastnosti má bílá barva, jež odráží většinu dopadajícího světla. Oproti tomu černá barva světlo pohlcuje [18].

Množství odraženého světla lze charakterizovat spektrální odrazivostí $\rho(\lambda)$ vycházející ze vztahu

$$\rho(\lambda) = \frac{M_r}{M_i} \cdot 100\%$$

Rovnice 1 Odrazivost světla

M_r je intenzita odraženého záření a M_i intenzita dopadajícího záření výsledná spektrální odrazivost ukazuje na spektrální charakteristiku každé látky.

Absorbance

Absorbance (A) – je definována jako záporný dekadický logaritmus transmitance.

$$A = -\log T$$

Rovnice 2 Absorbance

Fyzikální proces představující množství světla pohlceného roztokem a úzce souvisí s propustností. Propustnost je množství světla, které prochází roztokem. Absorbance a propustnosti se často používají ve spektrofotometrii a fotometrii. Při absorpaci dochází k pohlcení záření určitých vlnových délek. Míra absorpce je vyhodnocení v %. Podle velikosti absorbovaného záření lze danou látku identifikovat. Velikostí absorpce v lze také určit minimální množství absorbované látky v roztoku. Je-li absorpce záření rovna 0 je nulová i absorbance. S rostou absorpcí záření roste i absorbance [19, 20].

A... nabývá hodnot od 0, kdy vzorek neabsorbuje až po ∞ , což ukazuje, že vzorek všechno záření pohltí. Veličiny T a A, závisí na délce optické dráhy l ve vzorku a také na koncentraci látky c.

Tuto podstatu popisuje Lambertův-Beerův zákon

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

Rovnice 3 Absorbance

ε ... koeficient molární extinkce v $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$

c.....koncentrace roztoku

l... délka použité květy

Absorpce záření závisí na chemickém složení a struktuře materiálu [21].

Transmitance

Vyjadřuje množství světla vycházející ze zdroje a procházející vzorkem a zachycující detektorem. Světlo projde vzorkem po jeho průchodu se však část světla absorbuje do roztoku a část prochází na detektor, kde je změřena jeho intenzita [22].

Transmitance udává poměr mezi zářivým tokem prošlého prostředím k zářivému toku dopadající na prostředí absorbující. Nabývá hodnot od 0 do 1, respektive 0 až 100 %. transmitance rovna 1 není-li světlo pohlcováno, naproti tomu beze zbytku pohlceno, transmitance je rovna 0. Její hodnota závisí na látce, koncentraci a síle vrstvy (tloušťce kyvety). Je tím menší, čím větší je koncentrace roztoku a tloušťka kyvety. Při měření transmitance se dává přednost měření kapalných nebo kašovitých vzorků, s výhodou analyzování i zakalené kapaliny, jako je např. mléko [23, 24].

2 POSOUZENÍ BAREV

Precepcce barev se může jevit jako subjektivní záležitost, protože každý člověk může vnímat stejnou barvu poněkud odlišně, většinou vychází z osobních preferencí. Negativním faktorem ovlivňující absorpci světelných paprsků je i věk. Stárnutím dochází ke změně rohovky z bezbarvé na žlutou, což může ovlivnit například vnímání barev purpurových odstínů, které se pak jeví jako červené. Interpretaci barvy může také ovlivnit únava očí a okolní prostředí. Vnímáme jen několik málo základních barev – červenou, modrou, zelenou. Vhodným poměrovým smísením a následné vedení vjemu do mozkového centra jsme schopni rozlišit ostatní barvy [25, 26].

Pro lidské vnímání barev jsou podstatné parametry – zdroj bílého světla, objekt, který lze pozorovat, a lidský pozorovatel. Existence subjektivního vnímání barvy vedla k sestrojení měřících přístrojů využívaných k zajištění objektivního posouzení barev (kolorimetry, spektrofotometry). Tyto přístroje jsou schopny vyhodnocení barevné změny na základě výpočtů a výsledek je vyjádřen v numerické podobě. Každá složka musí být reprezentována jako číslo, aby bylo možné kvantifikovat lidské vnímání barev. Vlastnosti barvy lze definovat parametry odstínem, sytostí či jasem [27, 28].

2.1 Spektroskopie

Instrumentální metoda používající k doplnění identifikace barevných chemických látek. Barva látky je stanovena vlnovou délkou VIS spektra, při kterém nedochází k absorpci záření. Následně změřené spektrum je porovnáno ze známými spektry. Pro určení koncentrace roztok barevných roztoků posuzujeme absorbanci pomocí metody kalibrační křivky [30].

2.2 Kolorometrie

Fyzikálně chemická metoda využívaná pro stanovení koncentrace barevných chemických látek s porovnáním se srovnávacím vzorkem nebo standardem.

Při popisu barev je důležité vyhodnotit aspekty barev jako jejich barevný odstín, který závisí na vlnové délce zachycené receptory umístěné v lidském oku. Vyhodnocením tohoto vjemu dochází k definici barvy. Bílé předměty odráží veškeré dopadající světlo a černé předměty světlo pohlcují a mění na tepelnou energii [31].

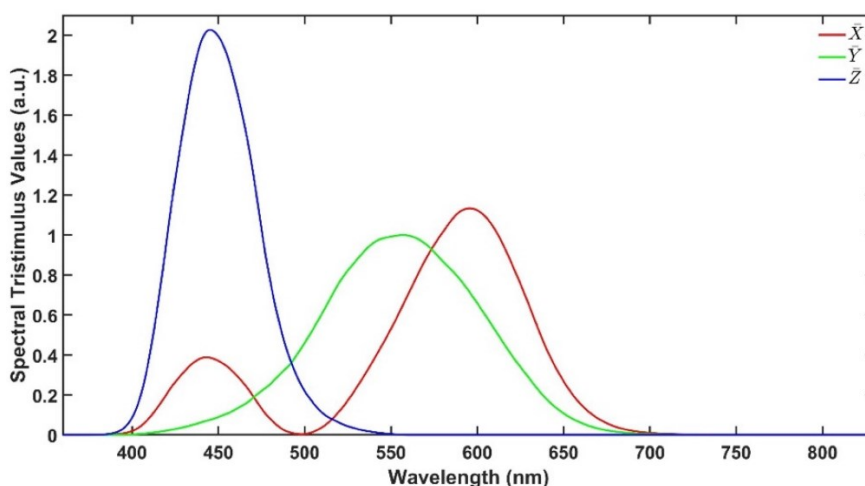
Jas charakterizuje vlastnost svítící nebo odražející, propouštějící plochy schopné vyvolat vizuální vjem. Velikost intenzity záření, jež je síla světla odraženého od předmětu nebo od zdroje světla [32].

2.3 Tvorba barevných modelů

Sytost je určení různé intenzity barev, kterou získáme smícháním chromatických barev (modrá, zelená, červená) s bílou barvou. Jejich intenzita je dána poměrem bílé barvy. Čistá barva představuje 100 % barvy a je plně nasycená. Desaturovaná barva je matná a působí jako vybledlá. Intenzita barvy může popisovat jakýkoliv atribut barvy a vyjadřuje jeho velikost nebo sílu.

Aplikací instrumentálního měření je získáno přesného popisu barev, jehož hodnoty byly stanoveny na základě dlouhodobého výzkumu a statistické analýzy Mezinárodní komise osvětlení (CIE). CIE se zabývala vyhodnocením barevných vjemů u posuzovatelů a výsledkem je vznik několik barevných modelů, které se uplatňují v průmyslu i potravinářství [33].

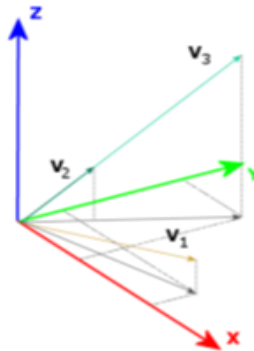
Vytvořený model vychází z podstaty, že lidské oko pracuje v systému RGB (red-green-blue) V tomto systému dochází kombinací poměrů k mísení jednotlivých signálů a rozlišení tří základních barev na základě citlivosti fotoreceptorů umístěných v sítnici oka konkrétní barva vzniklý model byl nezávislý na zařízení a pojmenován jako model CIE XYZ. Za základní barvy jsou považovány – modrá, zelená a červená. Ostatní barvy popisuje jako směs těchto základních barev.



Obrázek 4 Tristimulus lidského oka.

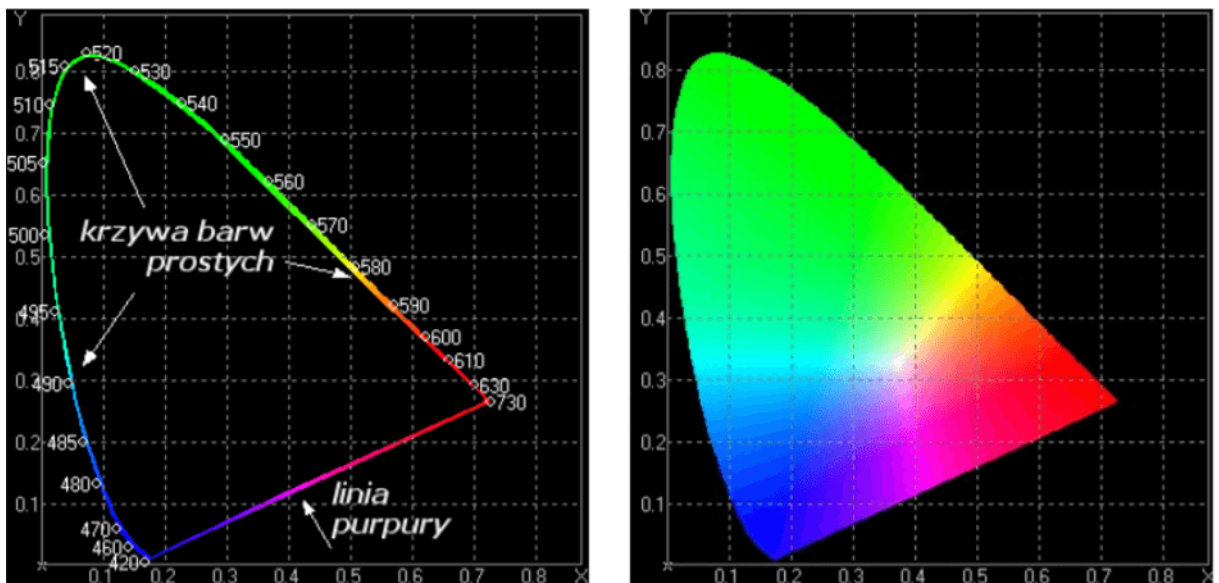
Souřadnice modelu odpovídají jednotlivým hodnotám v procentech základních barev.

R – červená, G-zelená, B-modrá [34].



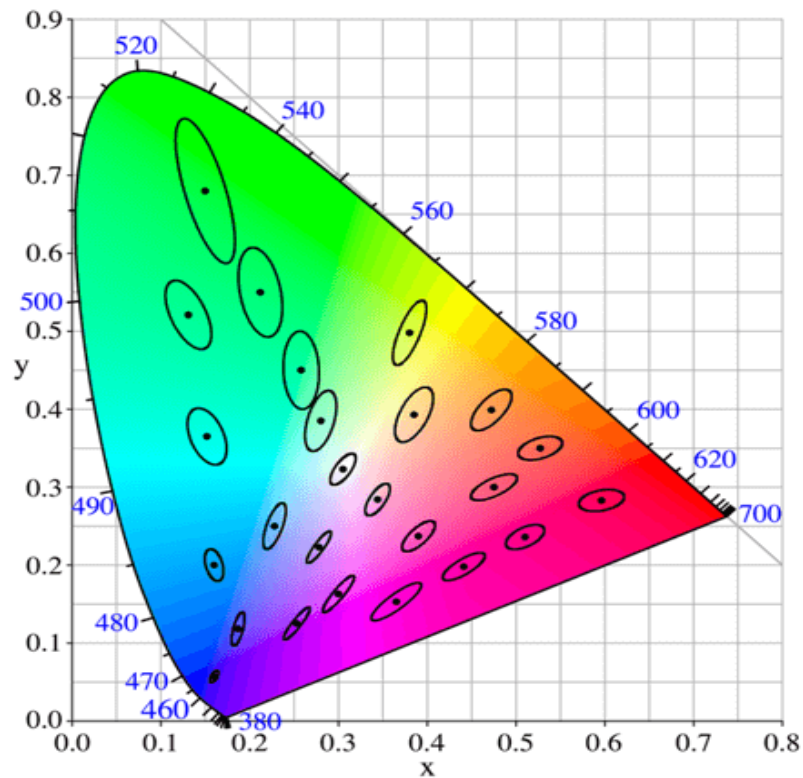
Obrázek 5 CIE x, y, z

Model CIE XYZ je z trojrozměrného modelu, který zobrazuje barevné složky XYZ převeden do dvourozměrného CIE xyY. Souřadnice x a y odpovídají barevné složce a Y znázorňuje jas. Prostor xyY představuje barevný prostor, jemuž odpovídá graf chromatičnosti.



Obrázek 6 Barevné prostory.

V barevném prostoru CIE XYZ rozlišující rozdíl barevného vnímání, dochází k vymezení elips v rozličných velikostech. Ve větším průměru se objevují v zeleném pásu, který přechází do modré s vymezením menších průměrů. Pokud v tomto prostoru vybereme dva body, tak je můžeme vnímat subjektivně jako odlišně barevné. Ale v prostoru zelené barvy dochází k splynutí jednotlivých barev a lidské oko rozdíl nepozná [35].



Obrázek 7 RGB model s vymezením barevných elips.

Vývojem byl model přetransformován z modelu CIE XYZ a došlo vzniku nového barevného modelu Hunter Lab, ale ani tento model nebyl dostačující. CIE sestrojila a doporučila novější verzi barevný prostor $L^*a^*b^*$, kde množina barev je vymezena barevným modelem. Vychází z definice, že barvy od sebe stejně vzdálené se budou jevit stejně odlišné.

Laboratorní barevný prostor je barevně-oponentní prostor s dimenzí L pro světlost, osou a a b pro barevně-oponentní rozměry.

K popisu jsou přidány složky:

- L – světlost, jas
- a – barva od zelené přes na červenou;
- b – barva od modré po žlutou

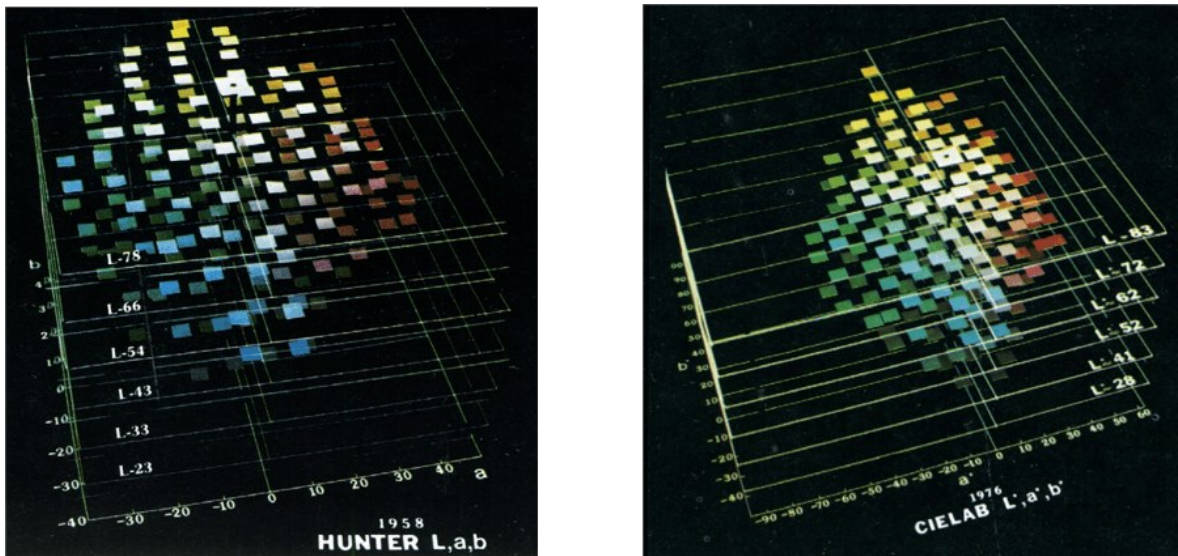
Velkým benefitem je snadné srovnání rozsáhlého spektra barev. Barevný prostor $L^*a^*b^*$ zahrnuje všechny vnímatelné barvy jeho gamut převyšuje barevné modely RGB a CMYK [35].

Pro dodržení určitého standartu měření je v kolorimetrických výpočtech je vyžadováno denní světlo, aby nedocházelo ke změnám ve spektrálním rozložení výkonu, zejména

v ultrafialové spektrální oblasti, jako funkce ročního období, denní doby a geografické polohy. Z tohoto důvodu byl mezinárodní komisí pro osvětlení CIE definován standardní iluminant D65. Wolframový halogenový světelný zdroj D65 reprezentuje simulaci standardní osvětlení polední oblohy světlu v Evropě. Barevná teplota korelace 6500 K [36].

2.3.1 Barevný prostor CIE L*a*b*

Prostor L*a*b* je jako jeho předchůdce (Hunter Lab) založen na tří dimenzovaném barevném prostoru, jehož vnitřní část je vyplněna obdélníky vymezující jednotlivé barevné odstíny. Uspořádání v prostoru je tedy podobná jako u Hunter Lab modelu. I když oba modely jsou matematicky odvozené z CIE x, y, z bude mít stejná barva různé číselné hodnoty.



Obrázek 8 Porovnání barevného prostoru Hunter Lab a L*a*b*.

U prostoru Hunter Lab je zaznamenána širší modrá barevná oblast a CIE L*a*b* je rozšíření ve žluté oblasti [37].

V prostoru CIE Lab je rozdíl vyjádřen ΔE

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

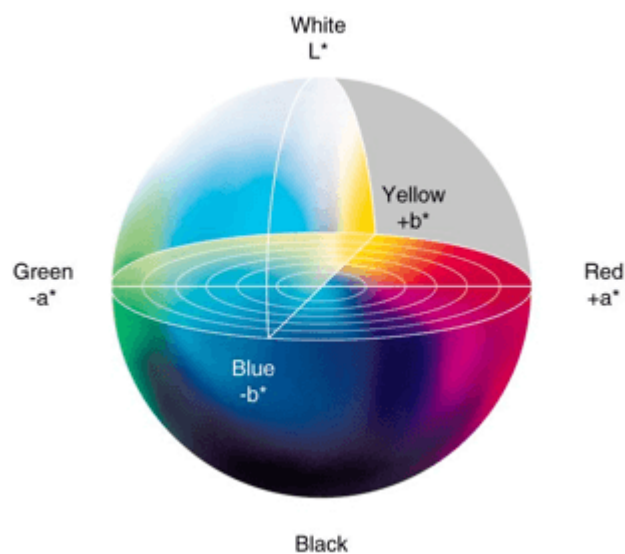
Rovnice 4 Rozdíl vzdáleností mezi dvěma body.

ΔE je euklidovská vzdálenost mezi dvěma body v trojrozměrném prostoru. Tato hodnota se využívá při stanovení barevného rozdílu v porovnání s barevným standardem. Na základě jediné hodnoty lze vyvodit akceptaci vyrobeného produktu.

Předpokládá, že standardní pozorovatel nezaznamená barevný rozdíl podle následujících hodnot, které jsou vyjádřeny jako:

Tabulka 1 Rozdíl barev na základě celkové difference [38].

ΔE^*	Rozdíl barev	ΔE^*	Rozdíl barev
0,0-0,2	nepostřehnutelný		
0,2-0,5	velmi slabý	0,2-1,0	postřehnutelný
0,5-1,5	slabý	1,0-2,0	rozeznatelný
1,5-3,0	jasně postřehnutelný	2,0-4,0	ještě nerušící
3,0-6,0	střední	4,0-8,0	mírně rušící
6,0-12,0	výrazný		
12,0-16,0	velmi výrazný		
Nad 16,0	rušící		



Obrázek 9 Grafické zobrazení L^* a^* b^* modelu

3 BARVIVA V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU

Barva potravin je spojována se znakem čerstvosti a požitelnosti potraviny. Běžně bývá ovlivněna sezónními vlivy skladováním nebo technologickým zpracováním degradace barvím podléhá běžně teplotní zátěží, působení světla a také oxidaci. Kompenzace této ztráty barvy se u konce konzumentů se nesprávně často spojuje s horší kvalitou. Účelem použití barvy je pouze upravit přirozené rozdíly v barvě u nedostatečně vybarvených potravin a tím zajistí jejich atraktivitu a doplnit ztrátu způsobenou vnějšími vlivy. Barviva užívaná v potravinářství musí splňovat podmínky výroby bezpečné potraviny. Jejich použití je jen ve schválených koncentracích nesmí ovlivnit vlastnost potraviny. Musí být stabilní pro používanou potravinu i pro technologickou úpravu. Nesmí vykazovat nežádoucí reakce s obalem nebo potravinou. Výběr barvy se řídí barvicí účinností a snadnou aplikací, čímž dochází ke snížení používané koncentrace a tím i finančnímu zatížení [39].

Syntetická potravinářská barviva jsou levnější, jejich výroba je chemickou cestou a vyznačují se s vysokou stabilitou. Vykazující intenzivnější barvu než přírodní barviva a často a méně podléhají degradaci barvy řadíme sem např. azobarviva. Syntetická barviva se používají ve formě disperzí, past, vodných nebo nevodných roztoků (propylenglykolu, glycerolu) Ale také mohou mít podobu granulí a formu sypkých směsí. Jejich využití je široké od nápojů, dále cukrářských, pekařských výrobků a zmrzlin. U vybraných potravin dobarvování není povoleno jako např. med, ovocné šťávy, nektary [39].

3.1 Syntetická barviva

Předností synteticky vyráběných barviv je jejich nízká cena, optické vlastnosti (barva) a odolnost (stálost). Vyrábějí z různých chemikálií. Jejich velkou výhodou je intenzivní barva a stabilní odstín. Jejich kombinací vzniká možnost široké palety barev neovlivňující chuť ani vůni. Barviva se dobře rozpouští ve vodě a organických rozpouštědlech jejich použití je ve formě roztoků. Pigmenty bývají nerozpustné a používají je ve formě suspenzí. Barviva a pigmenty (anorganické sloučeniny) se jeví jako barevné, protože absorbují pouze určité vlnové délky viditelného světla. První syntetické barvivo vytvořil náhodně Henry Perkin a tím odstartoval průmyslovou revoluci v barvivech. Syntetická barviva můžou být spojována s různou formou alergií, hyperaktivity dětí, a proto je cílem tyto barviva co nejvíce nahradit [40, 41].

3.2 Přírodně identická barviva

Látky, které se chemicky váží na substrát. Tímto se barviva odlišují od pigmentů, jenž se chemicky nevážou na materiál, který obarvují. Vyrábí se chemickou syntézou tak, aby byly chemicky identické s barvivy vyskytující se v přírodě například beta karoten, riboflavin, kanthaxanthin [42].

3.3 Přírodní barviva

Jsou barviva získané z jedlých materiálů z přírodních zdrojů (kořeny, bobule, listy, dřevo, lišejníky). Výroba těchto barviv spočívá v extrakci fyzikální nebo chemické povahy, touto úpravou dojde k oddělení pigmentů. Extrakty přírodních barviv se používají ve formě tekuté nebo za použití nosiče v sypké podobě. Některé se mohou solubilizovat. U pigmentů rozpustných v oleji se nejčastěji používají emulze, které se musí stabilizovat za použití stabilizátorů. Tyto metody se používají při výrobě barviva například kurkumin z kurkumy, biaxin ze semene annatto, antokyany z červeného a černého ovoce. Přírodní barviva jsou chemicky málo stabilní. Složení je závislé na zdroji, který může být proměnlivý, ovlivněn geografii, původem, sezónou. Tyto faktory způsobují, že se jednotlivé odstíny mohou odlišovat a z tohoto důvodu, bývají jednotlivé šarže často variabilní. Přírodní barviva mají pozitivní vliv na náš organismus, ale jejich nevýhodou je nízká chemická stabilita a riziko kontaminace toxickými kovy, herbicidy nebo insekticidy [43, 44].

Přírodní pigmenty představují skupinu anorganických sloučenin získaných z přírodních zdrojů například vápenec (E170-bílý pigment) nebo oxid titaničitý (E171-bílý pigment). Syntetické pigmenty používané v potravinářství reprezentují oxidy a hydroxidy železa (E172-pigment barvy žluté, červené, černé). Vyrábí se smícháním a oxidací síranu železitého a zásady. Do tabulky nejsou zařazeny barviva, při kterých se používá chemická modifikace např. karamely vyráběné pomocí amoniaku a jeho solí E 150b, E 150c, E 150d ani komplexy chlorofylinů s mědí [45, 46].

Tabulka 2 Přírodní barviva povolená v ČR a EU

Název barviva	E-kód	Barva	Původ	Nejčastější použití	Zdravotní hledisko
Kurkumin	100	jasně žlutá	přírodní rostlinné	sýr, cukrovinky zmrzlina	možný alergen
Riboflavin	101	žlutá	přírodní rostlinné	majonéza, polévky, zmrzlina, cukrovinky	ne
Košenila	120	oranžová, namodralé odstíny červené	přírodní živočišné	jam, cukrovinky, nápoje, polévky	možný alergen
Chlorofyl	140	zelená	přírodní rostlinné	polévky, oleje, cukrovinky	ne
Karamel	150a	žlutohnědá, černohnědá	přírodní rostlinné	pivo, sycené nápoje, omáčky	ne
Rostlinný uhlík	153	černá	přírodní rostlinné	nápoje, džem, lékořice	ne
Karoteny	160a	žlutá, oranžová	přírodní rostlinné	jam, sýry, pečivo, margarín	ne
Annatto	160b	oranžová	přírodní rostlinné	sýr, dezerty, zmrzlina, oleje	možný alergen
Paprikový extrakt	160c	oranžová	přírodní rostlinné	masné výrobky, sýr, vajíčka	ano
Lykopen	160d	červená	přírodní rostlinné	polévky, cukrovinky, pečivo	ne
Kanthaxantin	160g	oranžový	přírodní rostlinné	použití pouze v léčivech	ano
Lutein	161	žlutá	přírodní rostlinné	Sýr, pečivo, cukrovinky,	ne
Betanin	162	červená, modrá	přírodní rostlinné	dezerty, jam, cukrovinky, želé	ne
Anthokyany	163		přírodní rostlinné	mléčné výrobky, polévky, nápoje	ne
Kyanidin	163a	červená	přírodní rostlinné	mléčné výrobky, polévky, nápoje	ne
Delfinin	163b	modrá	přírodní rostlinné	mléčné výrobky, polévky, nápoje	ne
Malvidin	163c	fialová	přírodní rostlinné	mléčné výrobky, polévky, nápoje	ne

4 LEGISLATIVA V EU

Legislativa regulující použití přídatných látek v potravinách slouží především k ochraně zdraví spotřebitele. Tyto pravidla jsou převedeny do souboru předpisů a norem a jsou směrodatná pro všechny potravinářské podniky v EU. Barviva náleží do skupiny přídatných látek řídicí se přísnými předpisy Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách v platném znění. Při výrobě potravin se mohou používat pouze přídatné látky schválené pro použití v potravinářství. Proces schválení podléhá dlouhému a podrobnému zkoumání. Z tohoto důvodu byl zřízen orgán, který zajišťuje bezpečnost potravin pro státy EU. Tento úřad vznikl v roce 2002 a je pojmenován European Food Safety Authority (EFSA). Cílem organizace je vytvoření osvědčeným postupům k hodnocení rizik pro zdraví, které na základě vědeckých prací jsou vyvíjena a ověřována. Neustálý monitoring zásad kontroly potravin. To zahrnuje sebekontrolu a systémy zpětné vazby od zákazníků, které zajišťují, že vědecké procesy jsou vyvíjeny konzistentně a neustále zdokonalovány. EFSA je zavázána k otevřenosti a spolupráce napříč EU [47, 48].

Zařazení na seznam schválených aditiv je podmíněno posouzením bezpečnosti, že daná látka nepředstavuje žádné zdravotní riziko pro konzumenta a její použití jako přídatné látky je technologicky významné. Látky, jež mají barvicí účinek, ale přidávají se do potravin se záměrem zlepšení vůně a chutě se nejsou považovány za barviva např. mletá paprika, kurkuma. Pro spotřebitele je použití barviv označeno na obalu potravin pod přiděleným kódem nebo jejich názvem [50, 51, 52].

5 VÝBĚR PŘÍRODNÍCH PIGMENTŮ

Získávají se metodou extrakce Soxhlet, macerací, vysokotlakou extrakcí, superkritickou extrakcí a extrakcí pomocí ultrazvuku [53].

Přírodní barviva mohou být klasifikovány podle jejich struktury.

- isoprenoidní deriváty (karotenoidy, iridiody, chinony)
- flavonoidy (flavony, flavonoly, antokyany)
- dusíkaté heterocyklické deriváty (betalainy)
- deriváty pyrrolu (chlorofyly) [53]

Pro účel této diplomové práce byly vybrány barviva, která jsou nejvíce používány v potravinách. Zastupují tyto skupiny: antokyany, karotenoidy, betalainy.

5.1 Antokyany

Hlavní funkcí antokyanů je pigmentace květům a plodům. Jsou to barviva rozpustné ve vodě antokyany se vyskytují v několika barevných variacích. V rostlinách se nachází vázané na glykosid a nejčastější formou je malvidin, kyanidin, petunidin, peonidin, pelargonidin, delphinidin. V přírodě díky těmto pigmentům rostliny lákají opylovače a zvířecí konzumenty, kteří rozšiřují jejich semena. Antokyany jsou pro rostlinu nepostradatelné, ochraňují před vysokými dávkami UV záření. Antokyany jsou pro člověka nejvíce dostupné v ovoci a zelenině v podobě plodů např. rybízu, ostružin, bezinek, borůvek jahod a hroznech. Konzumace antokyanů se řadí mezi nejvyšší z množství přírodních pigmentů. Mají vysoké antioxidační vlastnosti, což umožňuje vychytávat reaktivní singletový kyslík, který je zásadní u neřízeného množení buněk vyvolává zánět a řízenou apoptózu. Imunitní systém umí redukovat malé dávky volných radikálů, ale pokud dojde k vychýlení z rovnováhy a nadměrnou akumulaci vzniká tzv. oxidační stres [56].

Dlouhodobá existence oxidačního stresu způsobuje mutace poškozuje makromolekuly (proteinu, lipidů, DNA, membrány i organely). Nadměrným ukládáním dochází k rozvoji chronických poruch související s věkem např. cukrovka, rakovina, neurodegenerativní poruchy. K těmto onemocněním přispívá nevhodný životní styl i stravovací návyky. Navzdory množství studií antokyanů nejsou jeho účinky na metabolismus člověka zcela probádány, ale ukazují na možné snížení rizika onemocnění civilizačních chorob, zvýšeným množstvím antioxidačních látek v potravě větším podílem ovoce a zeleniny [57].

5.2 Karotenoidy

Všechny karoteny lipofilní povahy. Jejich struktura je tvořena isoprenoidními jednotkami. Je-li v molekule obsažen kyslík přísluší do skupiny xantofylů. Primární karotenoidy využívají rostliny při fotosyntéze. Sekundární karotenoidy se nachází v ovoci, zelenině a květu. Mezi sekundární karotenoidy se řadí alfa karoten, beta kryptoxantin, zeaxantin, antherxantin, kapsantin, kapsorubin. Karotenoidy se soustřeďují v chloroplastech všech zelených rostlin jako směs alfa a beta karotenu, luteinu, zeaxantinu, beta kryptoxantinu. Studium karotenoidů komplikuje variabilita karotenoidů, jejich izomerace a strukturní podobnost. Barva karotenoidů je dána konjugací dvojných vazeb, které se vyskytují převážně v transformě. Karotenoidy jsou považovány za nutričně prospěšné u některých forem rakoviny pro jejich antimutagenní účinek, jenž spočívá v blokaci vstupu toxických sloučenin do buněk. Doporučují se podávat při katarrech, mrtvici a makulární degeneraci. Chrání před záněty vyvolané UV zářením. Působí antioxidačně v membránách ovlivňují jejich pevnost. membrán. Suplementace karotenů v oleji snižuje jejich peroxidové číslo větší účinnost byla prokázána u karotenoidů s delším řetězcem [57, 58].

5.3 Betalainy

Barvivo co nejčastěji získávám z kořenů červené řepy. Představují ji skupinu pigmentů rozpustných ve vodě. Dělí se do skupiny betakyaniny (červenofialové) a betaxantiny (žlutooranžové). Betanin je nejběžnější betakyanin. Jež se běžně využívá jako potravinářské přírodní barvivo tak jako jiná přírodní barviva je spojován s antioxidační aktivitou. Barva betaninu je podmíněna pH. V prostředí dosahujících hodnot pH 4 je barva jasně modravě červená. Při zvýšení hodnot pH na 5 se mění na modrofialovou. Jakmile pH dosáhne alkalických hladin betanin degraduje hydrolýzou. Jeho rozklad také probíhá při vystavení světla, tepla, kyslíku. Proto se tento pigment využívá nejčastěji ve výrobcích s krátkou trvanlivostí v produktech prodávaných v suchém stavu a v mražených výrobcích [59, 60].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem práce je sledování rozvoje degradačních změn u přírodních barviv v potravinách s odlišnou texturou. Měření vývoje barevných změn pomocí spektrometru UltraScan Pro a vyhodnocení těchto změn. Sledování chování barviva během skladování při vyšších teplotách a skladování při teplotách chladírenského řetězce. Vyhodnocení přírodního barviva, které nejméně podléhá ztrátě barvy během skladování.

7 SLEDOVÁNÍ BAREVNÝCH PARAMETRŮ

Využití spektrofotometrů, kolorimetrů a fotometru se řadí mezi základní detekce v každém odvětví průmyslu. Pro výrobce potravin je nutné detekovat i malé odchylky od zvolených standardů. U průsvitných kapalin je měřená transmitance u potravin neprůhledný je měřen odraz. Vzorke jsou odebírány ve stanovených intervalech z důvodů potvrzení správnosti technologického postupu a zachování bezpečného produktu. Kontrola barvy výrobků umožňuje včas najít zdroj závady potvrzení a vyřazení výrobků. Měření barvy potravin v reálném čase monitoruje kvalitu produktu a s dostatečným předstihem umožňuje upozornit na jeho sníženou kvalitu. Přesnost měření zajistí efektivitu kvalitu s vyloučením rizik spojeným s výrobou potravin a tím možnost rizika ekonomické ztráty. Monitoring barvy Je nejčastěji zařazen v potravinářských provozech za sušárnou, pecí, smažící pánev, pražící pánev, za odstředivkou, nebo monoblokem při stáčení nápojů. Při vzniku problémů je situace vyřešena okamžitě a tím je zamezeno technologickým ztrátám. A optimalizací procesů výroby [61, 62].

7.1 Příprava vzorků

Do tohoto experimentu byly vybrány vzorky potravin, které běžně bývají obohaceny o ochucující složky obsahující barviva. Tyto přídatné látky mohou obsahovat barviva přírodní nebo syntetická. Důvodem přidavku bývá korelace pro úpravu sensorických vlastností. Elementy těchto složek často vykazují kolísání barvy. Příčinou těchto změn mohou být rozdíly ve zralosti, sezónnosti nebo odrůdě a možném technologickém zpracování. K dodržení nastavených jakostních parametrů je důležité, mít sensorické změny bez výrazných odchylek tak, aby spotřebitel nezaznamenal významný rozdíl v barevném odstínu u konečném produktu. Do pokusu byly zařazeny vzorky z mléčné produkce (mléko, jogurt), komponent (médiu pro ovocnou složku) a nápoj o rozdílném pH. Pro sledování byly zvoleny přírodní barviva ze žlutého a červeného barevného spektra, která se běžně používají k vyvážení barevného rozdílu u potravin jako nápoje, džemy, jogurty, ochucená mléka. Tyto barviva se vyskytují v částech rostlin anebo jejich plodech (mrkev, paprika, červená řepa). Žlutá barviva jsou nejčastěji suplována barvivy ze žluté mrkve, beta karotenu. Červená barviva doplňujeme z antokyanů a betalainů. Tyto barviva jsou zastoupena v červeném víně, borůvkách, rybízu, červené řepě.

7.2 Metodika

7.2.1 Mléko

Do kádinky o objemu 2 l bylo přelito mléko ošetřené UHT technologií. Balení o objemu 0,5 l a množství tuku 1,5 %. Množství připravovaného vzorku mléka činilo 1,5 l. Bylo změřeno pH a zaznamenáno následně přidána konzervační směs v poměru 1:1 benzoanu a sorbanu (sorban draselný a benzoan sodný) o objemu 1,5 ml vše promícháno a opět změřeno pH. K tomuto mléku bylo přidáno tekuté barvivo o hmotnosti $6,0 \pm 0,1$ g. Následně vše bylo dobře homogenizováno automatickým míchadlem a znovu zaznamenána hodnota pH. Nakonec bylo mléko vzorkováno do průhledných 150 ml PET lahví, označeno štítkem a uzavřeno plastovým víčkem. Část vzorků byla umístěna do lednice. A vybrané vzorky do light boxu. Pro monitoring barevné stálosti byl zvolen postup zrychlené degradace v light boxu. Doba sledování stanovena na 1 den, 3 dny a 6 dnů. Light box je koncipován jako nerezový box, který je vybaven soustavou zářivkových trubíc umístěných na zadní stěně skříně. Box je vybaven termostatem. Udržována stabilní teplota 40 ± 1 °C celých 24 hodin. Zrychlené stárnutí v light boxu odpovídá 1den light boxu simuluje 7 dnů v lednici. Zbylé vzorky, které byly umístěny do lednice. U těchto vzorků byla sledována přirozená degradace barviva. Byl zvolen časový harmonogram pro kontrolu po 1. týdnu, 3. týdnu, 6. týdnu, 8. týdnu. U vzorků bylo ve vymezeném období sledován i vývoj pH a korelace barviva v časovém harmonogramu.

Tabulka 3 Hodnoty pH připravovaných vzorků mléka

Mléko [pH]	s barvou žlutá mrkev	s barvou beta karoten	s barvou červená řepa	s barvou černá mrkev
Mléko	6,80	6,85	6,74	6,75
s konzervantem	6,88	6,88	6,78	6,79
s barvivem	6,87	6,84	6,52	6,51

7.2.2 Jogurt

Vzorek jogurtu byl připraven z jogurtu dostupného v běžné tržní síti. Množství tuku 2,7 %, objem balení 150 g a připravené množství činilo 1000 ± 1 g. Bylo změřeno pH jogurtu zakonzervováno přídatkem 1ml konzervační směsi. Obarveno přírodním barvivem a

důkladně zhomogenizovanou automatickým míchadlem. Následně byly vzorky rozděleny na dvě části. Jedna určená do light boxu a druhá do lednice.

Tabulka 4 Hodnoty pH připravovaných vzorků jogurtu

Jogurt [pH]	s barvou žlutá mrkev	s barvou beta karoten	s barvou červená řepa	s barvou černá mrkev
Jogurt	4,56	4,56	4,63	4,63
s konzervantem	4,59	4,59	4,56	4,55
s barvivem	4,59	4,58	4,55	4,52

7.2.3 Komponent

Komponent je část složky, která se míchá s ovocným podílem. Tohoto produktu je dále využíváno k ochucení jogurtů. Komponent se skládá ze škrobového kukuřičného sirupu, sacharózy, barviva a ovocné složky. Při našem pokusu byla ovocná složka vynechána, čímž bylo zajištěno sledování chování pouze přírodního pigmentu. Komponent byl vytvořen z cukru, který byl rozpuštěn v pitné vodě. Poté byl přisypán kukuřičný škrob, který byl následně rozpuštěn. Vše bylo za stálého míchání zahřáto na 80 °C s výdrží 5 min. Po provaření kukuřičného škrobu byla doplněna vyvařená voda a změřeno % refrakční sušiny. Které činilo 45 % ± 1 Bx. Po vychlazení byla přidána kyselina citronová a konzervant (konzervační roztok byl složen 25 % sorban a 12,5 % benzoan) změřeno pH. Cílem bylo získat komponent s pH, jenž odpovídalo hodnotě 3,5 pH. Tato hodnota odpovídá použitým marmeládám a džemům. Přidán konzervační roztok a následně opět změřeno pH. K připravenému základu byla přidána vybraná přírodní barviva. Vzorky byly rozděleny a uloženy jako v předchozím případě mléka a jogurtu do lednice a light boxu.

Tabulka 5 Hodnoty pH připravovaných vzorků komponentu

Komponent [pH]	s barvou žlutá mrkev	s barvou beta karoten	s barvou červená řepa	s barvou černá mrkev
Komponent	2,90	2,90	2,90	2,90
s konzervantem	3,30	3,30	3,53	3,50
s barvivem	3,45	3,12	3,92	3,69

7.2.4 Nápoj

Pro přípravu nápoje bylo použito 1,5 l pitné vody a doslazeno $120 \pm 0,1$ g řepným cukrem krupice. Změřena refrakční sušina, která činila $8^\circ \pm 0,1\text{Bx}$. Do tohoto cukerného roztoku byla nadávkována kyselina citronová, která upravila pH na hodnotu $\text{pH } 3,0 \% \pm 0,5$ a $4,0 \% \pm 0,5$, změřeno pH. Pro zajištění mikrobiální čistoty byla nadávkována již zmíněná směs konzervačního roztoku. A opět změřeno pH. V konečné fázi bylo přidáno přírodní barvivo a přeměřeno pH výsledného nápoje. Vzorčky byly rozděleny jako v předchozím případě.

Tabulka 6 Hodnoty pH připravovaných vzorků nápoje

Nápoj pH 3 [pH]	s barvou žlutá mrkev	s barvou beta karoten	s barvou červená řepa	s barvou černá mrkev
cukerný roztok	7,94	7,94	7,94	7,93
s kys. citronovou	3,15	3,11	3,01	3,02
s konzervantem	2,99	2,99	2,98	2,98
s barvivem	2,97	2,99	3,01	3,01

Tabulka 7 Hodnoty pH připravovaných vzorků nápoje

Nápoj pH 4 [pH]	s barvou žlutá mrkev	s barvou beta karoten	s barvou červená řepa	s barvou černá mrkev
cukerný roztok	7,94	7,94	7,94	7,93
s kys. citronovou	4,05	3,99	3,95	4,01
s konzervantem	4,51	4,18	4,05	4,03
s barvivem	4,51	4,36	4,08	4,03

Tabulka 8 připravované množství a navážky

Vzorek	Připravené množství	Barvivo červené	Barvivo žluté	konzervant	kys.cit.	cukr
mléko	1500 g	6 g	6 g	1,5 ml		
jogurt	1000 g	4 g	4 g	1,0 ml		
nápoj pH 3	1500 g	6 g	6 g	1,5 ml	1,96 g	120 g
nápoj pH 4	1500 g	6 g	6 g	1,5 ml	1,10 g	120 g
komponent	3500 g	4 g	4 g	1,5 ml	9,25 g	240 g



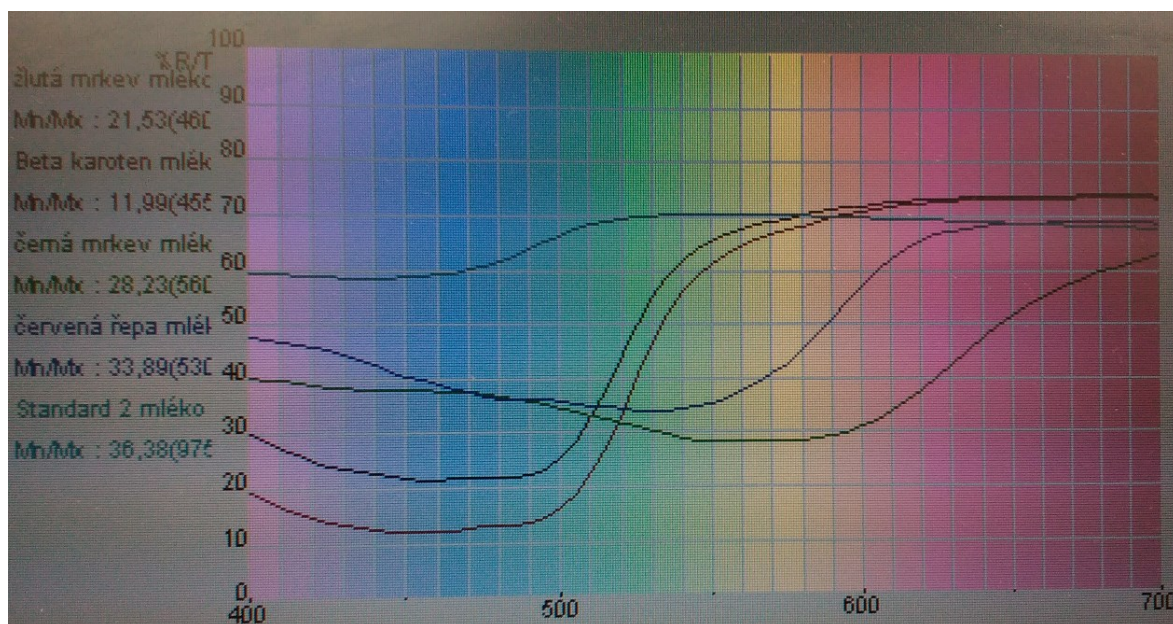
Obrázek 10 Vzorky mléka s červeným barvivem



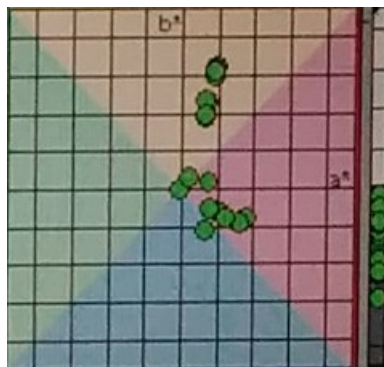
Obrázek 11 Vzorky se žlutým barvivem

8 SPEKTOFOTOMETR HUNTERLAB – ULTRASCAN PRO

Přístroj má široké uplatnění v potravinářském, farmaceutickém, textilním průmyslu. Využívá osvětlovalo D65 tento zdroj světla představuje denní světlo zkontrolovanou teplotou barvy 6500 K. Světelný zdroj vyše definovaný paprsek na měřený objekt. Odražená či propuštěná část světla je zachycená fotosenzorem, kde dojde k analýze měřeného spektra jako funkce vlnové délky. Výsledkem měření je spektrální křivka, která je pro každý barevný odstín jedinečná. Spektrální křivka je dále využita pro specifikaci, identifikaci a výpočet naměřené barvy a této barvě jsou přiřazeny barevné souřadnice modelu $L^*a^*b^*$. Přístroj Hunter Lab využívá stupnici protilehlých barev, jež hodnoty L dosahující hodnoty 100 pro bílou a 0 pro černou barvu tak, jak by ji ohodnotilo lidské oko. Rozměry chromatičnosti ukazují osy a a b, kde se definuje barva. Pohybuje – li se hodnota a v kladném intervalu zobrazuje červenost vzorků pro zápornou hodnotu ukazuje zelenou barvu. Na kladné ose b je zobrazeno žluté zabarvení Pohybujeme-li se však v záporných hodnotách barva vzorků je modrá. Pokud a, b Je rovna 0 jedná se o barvu šedou. Každému místu v modelu $L^*a^*b^*$ je přiřazená barevná souřadnice, jenž popisuje danou barvu přiřazeným odstínem jasem a chromatickou sytostí. Měřený objekt interaguje se světlem vyslaným zdrojem a může dojít k fyzikálním jevům jako je odraz, difrakce, lom, transmise absorpce nebo rozptyl. Tyto procesy jsou spektrální a v důsledku pigmentace vzorku mění bílé světlo na světlo barevné [64, 65].



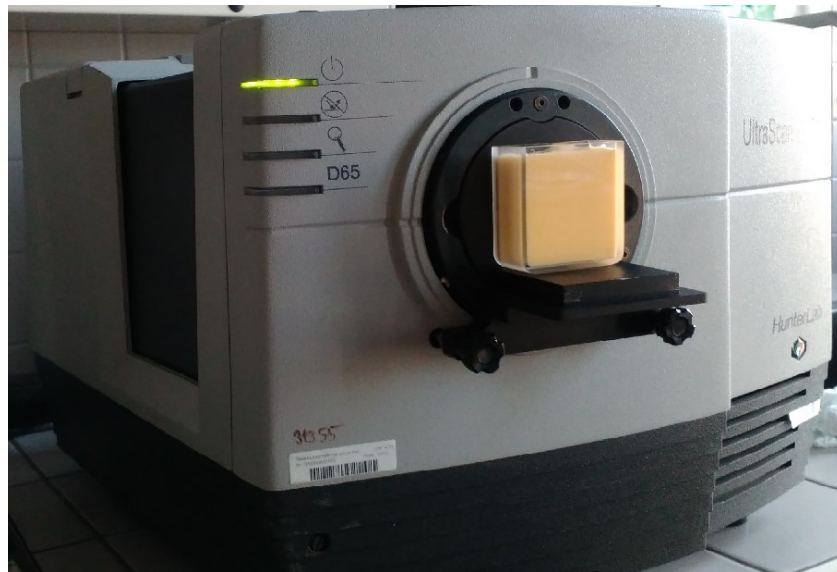
Obrázek 12 Spektrální křivka



Obrázek 13 Znázornění barvy v grafu

8.1 Postup při měření:

Po spuštění bylo důležité zahřátí spektrofotometru UltraScan Pro, aby došlo ke správnému nahřátí zdroje osvětlení. K měření neprůhledných vzorků bylo nutné nastavení stolku, který je umístěn mimo měřící zařízení. Před měřením vzorkům byla nejdříve nastavena kalibrace spektrofotometru. Kalibrace byla prováděna na základě přiložených standardů pro absolutně bílou a černou barvu. Tyto standardy byly součástí přístroje. Po kalibraci bylo nutné použít standard pro barevné srovnání. U jogurtu byl použit bílý neochucený jogurt, pro mléko byl standard polotučné mléko 1,5 % tuku. Standard komponentu byl roztok kukuřičného škrobu a cukru, a pro nápoj roztok sacharózy 45 % Bx. Pro měření byla používána 20 mm silná křemíková kyveta, která byla naplněna po okraj. Následně tato kyveta byla umístěna na připravený stolek a přikrytá krytem. Po umístění vzorků bylo přikročeno k sérii 4 měření a nastaveným programem spočítán průměr měření. Na základě těchto hodnot byl vyhodnocen atribut barvy v číselném podání.



Obrázek 14 Spektrofotometr HunterLab



Obrázek 15 Vzorčky mléka s barvivem mléko, červená řepa, černá mrkev, žlutá mrkev, beta karoten

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

9.1 Light box

Vzorky umístěné v light boxu (LB) byly vystaveny extrémní zátěži teplem a světlem. Předpokládaná doba stárnutím byla sedmkrát rychlejší. U vzorku mléka s přídavkem pigmentu nejlépe byl vyhodnocen vzorek s beta karotenem, který mírně zvýšil žlutou barvu. Nejhorše vyhodnocený byl vzorek červené řepy, u kterého probíhala vysoká degradace barvy. I přes přídavek konzervantů došlo u všech vzorků mléka ke snížení pH vlivem činnosti mikroorganismů.

Grafické znázornění vývoje barevných změn je v příloze 1, graf 1 až 40.

9.1.1 Žlutý pigment

Tabulka 9 Mléko a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev mléko den 0	78,98	8,86	43,13	6,87
žlutá mrkev mléko den 1	78,91	9,1	44,53	5,57
žlutá mrkev mléko den 3	79,4	8,99	44,22	4,41
žlutá mrkev mléko den 6	80,23	8,87	42,08	4,38

Ve vzorku mléka s přídavkem pigmentů žlutá mrkev došlo během skladování v light boxu k posunům na ose +b. Tato osa představuje snížení žluté barvy $\Delta b^* 1,05$. Také v parametru jasu došlo ke snížení hodnot, což ukazuje, že vzorek v konečné fázi byl světlejší než na začátku $\Delta L^* 1,25$.

Tabulka 10 Jogurt a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev jogurt den 0	83,92	11,09	42,5	4,59
žlutá mrkev jogurt den 1	80,73	8,64	36,99	4,51
žlutá mrkev jogurt den 3	80,29	8,84	37,84	4,44
žlutá mrkev jogurt den 6	80,72	8,61	36,36	4,02

Vzorek jogurtů s pigmentem žluté mrkve se posouvá ze sytějších odstínů žluté to méně intenzivních $\Delta b^* 6,14$. podle literatury je tato změna hodnocena jako výrazná. Žlutá složka postupem stárnutí bledne, barva na ose +a ukazující červenou barvu se posouvá směrem k méně sytým tónům $\Delta a^* 2,48$ jasně postřehnutelná. Ve složce, která představuje jas dochází k tmavnutí. Tento vzorek postupem stárnutí ztrácí intenzitu barvy a dochází k posunu ve složce jasu v ose L^* do tmavnutí $\Delta L^* 3,2$.

Tabulka 11 Komponent a žlutá mrkev

ID	L^*	a^*	b^*	pH
žlutá mrkev komponent den 0	26,52	2,85	5,86	3,45
žlutá mrkev komponent den 1	26,38	2,9	5,57	3,43
žlutá mrkev komponent den 3	26,37	2,59	4,7	3,39
žlutá mrkev komponent den 6	26,55	2,94	5,26	3,33

Vzorek komponentu s pigmentem žlutá mrkev. Má rozdíly v korelaci žluté barvy pouze $\Delta b^* 0,6$. Zastoupení červené barvy na ose +a rozdíl je minimální $\Delta a^* 0,09$. Změna na ose L^* znázorňující jas je zanedbatelná. Barva se v komponentu se žlutou mrkví praktický nemění.

Tabulka 12 Nápoj pH 3 a žlutá mrkev

ID	L^*	a^*	b^*	pH
žlutá mrkev nápoj pH3 den 0	33,59	3,95	16,67	2,97
žlutá mrkev nápoj pH3 den 1	33,69	4,88	16,8	3,06
žlutá mrkev nápoj pH3 den 3	31,5	3,38	12,28	3,14
žlutá mrkev nápoj pH3 den 6	30,33	5,22	11,2	3,01

Nápoj s použitým pigmentem žluté mrkve zaznamenal ve žluté složce posun směrem k odstínům světle žluté barvy $\Delta b^* 5,47$ v červené složce došlo naopak ke zvýšení do tmavších tónů $\Delta a^* 1,27$. Ve složce jasu došlo k poklesu již po 3 dnech umístěných v LB. U tohoto vzorku došlo během sledování k tmavnutí produktu $\Delta L^* 3,26$.

Tabulka 13 Nápoj pH 4 a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev nápoj pH4 den 0	34,56	2,76	17,34	4,55
žlutá mrkev nápoj pH4 den 1	34,71	2,97	18,64	4,54
žlutá mrkev nápoj pH4 den 3	34,8	2,92	17,56	4,50
žlutá mrkev nápoj pH4 den 6	32,29	2,75	13,67	4,58

Nápoj pH4 s barvivem žluté mrkve dochází k zvýšení žluté složky Δb^* 3,67, která na konci skladování v light boxu klesá. Červená složka zůstává stabilní. Žlutý pigment v nápoji s pH 4 světlá méně než v nápoji s pH 3. Složka jasu ΔL^* 2,27.

U produktů nápoje a jogurtu s pigmentem žluté mrkve obsahuje množství xantofylů. Ve výrobcích došlo k tmavnutí, jen u mléka bylo zaznamenáno blednutí. S porovnáním s literaturou bylo očekáváno světlání u všech produktů, a to z důvodu vystavení vysokým dávkám UV zářením. Byly předpokládány fotochemické změny, fotooxidace [59].

Tabulka 14 Mléko a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
beta karoten mléko den 0	77,44	12,44	55,95	6,83
beta karoten mléko den 1	77,64	12,66	57,33	4,63
beta karoten mléko den 3	77,8	12,65	55,93	4,38
beta karoten mléko den 6	77,59	12,94	56,73	4,34

U vzorku mléka s beta karotenem došlo na ose +a znázorňující červenou složku jen k mírnému posunu Δa^* 0,5. Na ose b, která znázorňuje žlutou barvu, nedošlo téměř k žádnému posunu Δb^* 0,78. Jas byl ve vzorku změněn jen minimálně, a to na světlejší odstín.

Tabulka 15 Jogurt a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
beta karoten jogurt den 0	83,62	14,81	60,15	4,58
beta karoten jogurt den 1	79,32	12,35	54,71	4,50
beta karoten jogurt den 3	77,81	12,39	53,62	4,44
beta karoten jogurt den 6	78,68	11,89	53,08	4,00

U jogurtu s beta karotenem bylo zaznamenáno snížení žluté složky Δb^* 7,07 i červené složky Δa^* 2,92. Došlo k snížení jasu a vzorek tmavnul ΔL^* 4,94.

Tabulka 16 Komponent a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
beta karoten komponent den 0	34,61	3,77	19,09	3,12
beta karoten komponent den 1	35,23	4,61	19,12	3,19
beta karoten komponent den 3	34,81	3,57	18,34	3,10
beta karoten komponent den 6	33,77	3,86	17,43	3,12

Komponent s beta karotenem měl barevný úbytek na ose+ b, což je žlutá složka Δb^* 1,66 tento rozdíl je jasně postřehnutelný. U složky červené je úbytek zanedbatelný Δa^* 0,09. U tohoto vzorku byla zaznamenána ztráta sytosti barev na konci skladování produkt tmavnul. ΔL^* 0,84.

Tento vzorek vykazuje podobné stárnoucí změny jako v případě nápoje s použitým pigmentem žluté mrkve. Došlo k posunu směrem do tmavších barev žluté, ale snížení podílu červené složky. Během experimentu vykazoval vzorek největší barevnou změnu u posledního měření.

Tabulka 17 Nápoj pH 3 a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
beta karoten nápoj PH3 den 0	40,4	3,98	27,24	2,99
beta karoten nápoj pH3 den 1	40,17	4,23	25,97	3,06
beta karoten nápoj pH3 den 3	39,99	4,54	26,2	3,00
beta karoten nápoj pH3 den 6	37,34	4,39	21,52	2,97

Nápoj beta karoten pH 3 dochází ke snížení žluté barvy, a to pouze v minimálním množství Δb^* 5,72 ve červené složce tohoto vzorku byly minimální ztráty Δa^* 0,41, ΔL^* 3,06.

Tabulka 18 Nápoj pH 4 a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
Beta karoten nápoj pH4 den 0	40,57	4,03	26,57	4,36
Beta karoten nápoj pH4 den 1	40,58	4,37	27,32	4,45
Beta karoten nápoj pH4 den 3	40,18	4,58	25,92	4,43
Beta karoten nápoj pH4 den 6	39,6	4,86	26,19	4,46

Nápoj beta karoten pH4 na ose jasu došlo k snížení ΔL^* 0,97, Δb^* 0,38, Δa^* 0,83. Vzorky produktů s beta karotenem jsou nestálé na světle, ale poměrně tepelně stabilní. V těchto vzorcích byl očekáván rozklad barviva vlivem fotochemických reakcí a oxidací. Pigment byl vyhodnocen jako dosti stabilní. Stárnoucí procesy probíhaly jen velmi málo. Vzorek při pH 4 zesvětlal jen minimálně a je stabilnější než při pH 3.

9.1.2 Červený pigment

Tabulka 19 Mléko a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa mléko den 0	67,8	26,56	-5,29	6,51
červená řepa mléko den 1	73,48	16,78	4,2	4,42
červená řepa mléko den 3	75,33	14,41	7,47	4,36
červená řepa mléko den 6	78,31	9,64	10,78	4,36

U vzorkům mléka s červenou řepou se barva přesouvá z modré oblasti znázorněná na ose -b směrem do žlutého zabarvení osa +b ($\Delta b^* 16,07$) Na ose + a je zaznamenán posun barvy v červené oblasti $\Delta a^* 16,92$ (rozdíl v barvě) je v literatuře vyhodnocen jako rušivý a okem postřehnutelný. Podíl červené barvy se výrazně snižuje a pigment bledne $\Delta L^* 10,51$.

Tabulka 20 Jogurt a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa jogurt den 0	73,19	22,26	-0,71	4,52
červená řepa jogurt den 1	76,37	19,93	4,29	4,47
červená řepa jogurt den 3	83,25	3,27	12,47	4,31
červená řepa jogurt den 6	84,86	1,15	12,98	4,13

Vzorek jogurtu s barvivem červená řepa měl barvu na začátku hodnocení na ose -b v modré oblasti. Vlivem stárnutí dochází ke změně v pigmentaci z modré barvy směrem ke žluté $\Delta b^* 13,69$. Na ose + a se posouvá barva z červené do oblasti světlejších barev směrem k neutrální šedé a dále na zelenou $\Delta a^* 21,11$. Jas znázorněný na ose z se přemístil z tmavých odstínů do světlejších $\Delta L^* 11,67$. Tento pigment se ukazuje jako nestabilní a barevně rušivý.

Tabulka 21 Komponent a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa komponent den 0	23,74	1,83	-0,59	3,92
červená řepa komponent den 1	24,24	2,29	0,03	3,91
červená řepa komponent den 3	24,72	1,8	1,05	3,80
červená řepa komponent den 6	25,02	0,72	1,43	3,80

Pigment červené řepy s komponentem během skladování prošel výraznou změnou ze světle modré barvy, přes neutrální šedou na světle žlutou barvu $\Delta b^* 2,02$. Úbytek na červené složce byl vyhodnocen jako slabý, ale rozeznatelný $\Delta a^* 1,11$. Na konci skladování bylo zaznamenáno zesvětlení produktu $\Delta L^* 1,28$.

Tabulka 22 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa nápoj pH3 den 0	25,51	5,28	1,7	3,01
červená řepa nápoj pH3 den 1	25,34	5,51	1,9	3,09
červená řepa nápoj pH3 den 3	25,71	5,5	1,87	3,08
červená řepa nápoj pH3 den 6	24,59	4,87	0,9	3,06

Tabulka 23 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa

ID T	L*	a*	b*	pH
červená řepa nápoj pH4 den 0	26,03	6,83	2,43	4,08
červená řepa nápoj pH4 den 1	26,39	6,78	2,85	4,07
červená řepa nápoj pH4 den 3	26,52	6,34	3,07	3,99
červená řepa nápoj pH4 den 6	27,64	4,06	3,36	3,93

Nápoj s červenou řepou byl měřený na propustnost. U vzorku nápoje s pigmentem červená řepa došlo ve na ose +b ke zvýšení rozdílu žlutosti Δb^* 0,8 pro pH 3, Δb^* 0,93 pro pH4. Tento rozdíl je už postřehnutelný. U červené složky byl zaznamenán posun do světlé červené Δa^* 0,8 (pH 3), Δa^* 2,77 (pH 4) a byl jasně postřehnutelný. Jas vzorku ukazuje na zesvětlení. Změna barvy postupně narůstá a zlom je po 3. a 6. dnu v LB. nápoj s tímto barvivem byl hodnocen jako barvově pozměněn.

U vzorků mléka s červenou řepou se barva přesouvá z modré oblasti znázorněná na ose -b směrem do žlutého zabarvení. Podíl červené barvy se výrazně snižuje a pigment bledne.

Vzorek jogurtu s barvivem červená řepa měl barvu na začátku hodnocení na ose - b v modré oblasti vlivem stárnutí dochází ke změně v pigmentaci z modré barvy směrem ke žluté. Na ose +b se posouvá barva z červené oblasti do světlejších barev směrem k neutrální šedé a dále na zelenou. Jas znázorněný na ose z se přemístil z tmavých odstínů do světlejších. Tento pigment se ukazuje jako nestabilní. U vzorku komponentu bylo konci skladování zaznamenáno zesvětlení produktu

V tomto pokusu bylo barvivo velmi nestabilní. V literatuře se uvádí, že pigment je nejstabilnější při pH 6,3 - 6,6, které odpovídalo pH mléka, ale toto pH se nepodařilo zajistit ani přidavkem konzervantů [68].

Tabulka 24 Mléko a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev mléko den 0	61,91	7,89	-8,33	6,52
černá mrkev mléko den 1	67,38	15,84	-1,56	4,43
černá mrkev mléko den 3	68,69	15,59	-1,85	4,36
černá mrkev mléko den 6	68,38	15,11	-1,57	4,35

Vzorek s použitým barvivem černá mrkev a mléka se posouvá z modré barvy směrem ke světle modrém Δb^* 6,76 a stoupá i poměr červené barvy Δa^* 7,22. Barva mléka na konci experimentu byla světlejší než na začátku ΔL^* 6,47. Změny v zabarvení jsou dosti výrazné.

Tabulka 25 Jogurt a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev jogurt den 0	70,58	17,63	0,46	4,55
černá mrkev jogurt den 1	71,68	15,73	0,98	4,43
černá mrkev jogurt den 3	70,18	14,29	-1,81	4,37
černá mrkev jogurt den 6	71,66	9,84	0,57	4,16

Jogurt s barvivem černá mrkev vykazuje vysokou odchylku na ose+ b (Δb^* 0,11) toto hodnocení není dostatečně průkazné. Možným důvodem nepřesnosti měření mohl být bílý jogurt, který byl používán jako standard. Bylo zjištěno, že světlost bílých jogurtů klesá v průběhu skladování. Tento jev se vysvětluje uvolněním syrovátky. A snižuje se světlost a zvyšuje se parametr b^* [67].

Velký posun byl zaznamenán na ose ukazující červenost (Δa^* 7,79), (ΔL^* 1,08).

Tabulka 26 Komponent a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev komponent den 0	23,31	0,84	-0,71	3,69
černá mrkev komponent den 1	23,41	0,89	-0,66	3,65
černá mrkev komponent den 3	23,57	0,93	-0,69	3,58
černá mrkev komponent den 6	23,33	0,94	-0,66	3,59

U vzorku komponentu s barvivem černá mrkev nebyla sledována téměř žádná změna. $\Delta b^* -0,06$, $\Delta a^* 0,1$, $\Delta L^* 0,02$.

Tabulka 27 Transmise nápoj pH 3 černá mrkev

ID T	L*	a*	b*	pH
černá mrkev nápoj pH3 den 0	25,51	5,28	1,7	3,01
černá mrkev nápoj pH3 den 1	25,34	5,51	1,9	3,09
černá mrkev nápoj pH3 den 3	25,71	5,5	1,87	3,08
černá mrkev nápoj pH3 den 6	24,59	4,87	0,9	3,06

Tabulka 28 Transmise nápoj pH 4 černá mrkev

ID T	L*	a*	b*	pH
černá mrkev nápoj pH4 den 0	25	3,96	1,02	4,03
černá mrkev nápoj pH4 den 1	25,24	4	1,09	3,90
černá mrkev nápoj pH4 den 3	25,25	4,06	1,11	3,86
černá mrkev nápoj pH4 den 6	24,28	3,46	0,44	3,83

Nápoj pH 3 s černou mrkví ukazuje mírný posun ve žluté složce $\Delta b^* 0,8$. Převládají červené tóny, u kterých probíhají minimální změny $\Delta a^* 0,41$. Složka jasu je jen mírně změněna do světlejší $\Delta L^* 0,92$. Barvivo je méně stabilní než při pH 4. $\Delta b^* 0,58$, $\Delta a^* 0,5$, $\Delta L^* 0,72$. Černá mrkev obsahuje lykopen a antokyany, které chrání flavony. Ty slouží jako kopigmenty. Jisté studie ukazují, že ochranu antokyanů mohou vytvářet i aminokyseliny, jejich přidavek prodloužil čas degradace barvy až o 7 dnů [69]. Vývoj barviva během experimentu v grafickém znázornění je v příloze 1.

9.2 Skladování v lednici

Teplota skladování je zásadní při dlouhodobém uchování potravin, a to nejen z mikrobiologického důvodu. Přírodní barviva jsou náchylná na teplo a světlo a podléhají chemickým a fotochemickým změnám. Z tohoto důvodu byla druhá část vzorků uskladněna v lednici při stabilní teplotě a ve tmě.

9.2.1 Žlutý pigment

Tabulka 29 Mléko a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev mléko týden 0	78,98	8,86	43,13	6,87
žlutá mrkev mléko týden 1	79	8,6	43,2	6,76
žlutá mrkev mléko týden 3	80,17	8,83	43,05	6,77
žlutá mrkev mléko týden 6	80,44	8,24	42,23	6,84
žlutá mrkev mléko týden 8	79,69	8,28	42,45	6,09

Žlutá mrkev mléko – lednice v tomto vzorku došlo na ose +a představující červenou k mírnému posunu (Δa^* 0,58) do světlejších tónů. Žlutá oblast Δb^* 0,68 ukazuje snížení žluté barvy. Došlo k zesvětlení barviva obsaženého v mléce a tím blednutí produktu ΔL^* 0,71.

Tabulka 30 Jogurt a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev jogurt týden 0	83,92	11,09	42,5	4,59
žlutá mrkev jogurt týden 1	81,06	8,18	37,67	4,51
žlutá mrkev jogurt týden 3	82,5	8,6	37,83	4,51
žlutá mrkev jogurt týden 6	82,05	8,4	37,99	4,53
žlutá mrkev jogurt týden 8	81,95	8,19	38,22	4,47

Vzorky jogurtů se žlutou mrkví. V těchto vzorcích proběhla změna v barvě, již po 1 týdnu skladování v lednici. Došlo k mírnému posunu v červené Δa^* 2,9 i žluté oblasti směrem k neutrální šedé Δb^* 4,28 a další výraznější změna v barvě už nebyla zaznamenána. Ve složce jasů došlo k mírnému tmavnutí. ΔL^* 1,97.

Tabulka 31 Komponent a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev komponent týden 0	26,52	2,85	5,86	3,45
žlutá mrkev komponent týden 1	26,56	2,12	5,19	3,36
žlutá mrkev komponent týden 3	27,27	2,66	5,6	3,43
žlutá mrkev komponent týden 6	27,07	2,69	5,61	3,17
žlutá mrkev komponent týden 8	27,14	2,91	5,77	3,31

Komponent se žlutou mrkví. Během skladování v lednici došlo ke změnám jako je mírné snížení ve žluté barvě Δb^* 0,09, červená barva Δa^* 0,06 tyto složky byly vyhodnoceny vizuálně prakticky beze změny. Vzorek byl vyhodnocen jako mírně světlejší ΔL^* 0,62. Pro pozorovatele je tento vzorek beze změn v barvě.

Tabulka 32 Nápoj pH 3 a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev nápoj pH3 týden 0	33,59	3,95	16,67	2,97
žlutá mrkev nápoj pH3 týden 1	33,6	3,69	15,72	3,01
žlutá mrkev nápoj pH3 týden 3	32,59	4,14	13,93	2,92
žlutá mrkev nápoj pH3 týden 6	32,83	6,57	14,21	2,95
žlutá mrkev nápoj pH3 týden 8	32,19	4,04	13,56	2,93

Sledovaný nápoj s barvivem žlutá mrkev. Představoval změnu ve žluté barvě Δb^* 3,11. Aktuální změny v červeném pásmu Δa^* 0,09 došlo k mírnému tmavnutí vzorku. Dalo by se vzorek byl zhodnocen jako mírně temnější ΔL^* 1,4. Pozorovatel by, ale tyto změny zaznamenal jen obtížně.

Tabulka 33 Nápoj pH 4 a žlutá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
žlutá mrkev nápoj pH4 týden 0	34,56	2,76	17,34	4,55
žlutá mrkev nápoj pH4 týden 1	34,63	2,5	17,67	4,34
žlutá mrkev nápoj pH4 týden 3	34,72	2,49	17,23	4,34
žlutá mrkev nápoj pH4 týden 6	34,59	2,89	16,94	4,49
žlutá mrkev nápoj pH4 týden 8	35,36	2,36	16,77	4,40

Žlutá mrkev nápoj pH 4 lednice. Tento nápoj představoval snížení červené barvy Δa^* 0,4 i žluté barvy Δb^* 0,57. Na konci sledování bylo vyhodnoceno, že daný vzorek během experimentu podle měření slabě vyblednul (ΔL^* 0,8), ale posuzovatel by to nepoznal.

Tabulka 34 Mléko a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
Beta karoten mléko týden 0	77,44	12,44	55,95	6,83
Beta karoten mléko týden 1	77,98	12,08	55,65	6,63
Beta karoten mléko týden 3	77,23	12,97	58,42	6,61
Beta karoten mléko týden 6	77,03	12,8	57,88	6,08
Beta karoten mléko týden 8	76,08	16,61	59,08	6,64

Ve vzorku mléka s beta karotenem uloženého v lednici, probíhaly změny v červené složce Δa^* 4,17 (změna v zařazena jako střední). Ve žluté oblasti došlo k zvýšení hodnot Δb^* 3,13. Vlivem změn došlo na konci pokusům k mírnému tmavnutí ΔL^* 1,36.

Tabulka 35 Jogurt a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
Beta karoten jogurt týden 0	83,62	14,81	60,15	4,58
Beta karoten jogurt týden 1	79,05	11,76	54,92	4,51
Beta karoten jogurt týden 3	79,81	12,49	55,90	4,51
Beta karoten jogurt týden 6	79,62	11,74	55,26	4,53
Beta karoten jogurt týden 8	78,71	12,13	54,08	4,48

Vzorek po 1. týdnu skladování změnil barvu mírným snížením červené, žluté i ve složce jasu. Na konci pokusu byly změřeny rozdíly Δa^* 2,68, Δb^* 6,07. Ve složce jasu došlo k tmavnutí ΔL^* 4,91. Barevné rozdíly byly již významné.

Tabulka 36 Komponent a beta karoten

ID T	L*	a*	b*	pH
Beta karoten komponent týden 0	34,61	3,77	19,09	3,12
Beta karoten komponent týden 1	33,48	3,1	17,24	3,14
Beta karoten komponent týden 3	35,11	3,51	18,2	3,13
Beta karoten komponent týden 6	34,37	3,77	18,64	3,16
Beta karoten komponent týden 8	34,37	3,74	17,86	3,08

Beta karoten komponent lednice u tohoto vzorku bylo vyhodnoceno snížení žluté barvy Δb^* 1,23. U složky červené byly hodnoty stejné Δa^* 0,03. Jas ve vzorku zůstává nezměněn jen minimálně ΔL^* 0,24.

Tabulka 37 Nápoj pH 3 a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
Beta karoten nápoj pH 3 týden 0	40,4	3,98	27,24	2,99
Beta karoten nápoj pH 3 týden 1	40,32	3,88	26,06	3,07
Beta karoten nápoj pH 3 týden 3	40,86	4,1	26,63	2,92
Beta karoten nápoj pH 3 týden 6	39,73	4,5	25,45	2,95
Beta karoten nápoj pH 3 týden 8	40,59	3,98	26,11	2,96

Nápoj s beta karotenem pH 3 byl vyhodnocen podle měření jako mírně světlejší než na počátku měření ΔL^* 0,19. V červené složce zůstává vzorek nezměněn, ve žluté je posun směrem k světle žluté Δb^* 1,13.

Tabulka 38 Nápoj pH 4 a beta karoten

ID	L*	a*	b*	pH
Beta karoten nápoj pH 4 týden 0	40,57	4,03	26,57	4,36
Beta karoten nápoj pH 4 týden 1	39,71	4,01	25,39	4,36
Beta karoten nápoj pH 4 týden 3	40,71	4,14	26,21	4,37
Beta karoten nápoj pH 4 týden 6	41,17	4,15	25,88	4,38
Beta karoten nápoj pH 4 týden 8	40,19	4,41	25,67	4,30

U vzorků s beta karotenem došlo k velmi slabému snížení žlutého zbarvení Δb^* 0,9 a zvýšení podílu červeného zbarvení Δa^* 0,38 v hodnotě jas se výsledek příliš nemění a změna je velmi slabá ΔL^* 0,38.

9.2.2 Červený pigment

Tabulka 39 Mléko a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa mléko týden 0	67,8	26,56	-5,29	6,51
červená řepa mléko týden 1	68,24	25,22	-3,74	6,77
červená řepa mléko týden 3	71,09	20,38	1,06	6,72
červená řepa mléko týden 6	71,26	19,75	0,25	6,37
červená řepa mléko týden 8	72,5	20,5	0,38	5,91

U vzorku mléka s barvivem červené řepy došlo k zesvětlení a ztrátě barvy. Posunům z modré oblasti do žluté Δb^* 5,67. Bylo zaznamenáno snížení hodnot červené barvy Δa^* 6,06. Jas ΔL^* 4,7. Vzorek vykazuje nízkou stabilitu barviva.

Tabulka 40 Jogurt a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa jogurt týden 0	73,19	22,26	-0,71	4,52
červená řepa jogurt týden 1	71,65	22,71	-5,09	4,50
červená řepa jogurt týden 3	74,57	20,7	-2,17	4,45
červená řepa jogurt týden 6	75,63	18,15	1,08	4,48
červená řepa jogurt týden 8	74,88	19,85	0,45	4,41

Vzorek jogurtu s použitým pigmentem červené řepy ukazuje na grafu změny po celou dobu skladování. Barva se přesouvá z modré oblasti do žluté Δb^* 1,16 a dochází ke snížení červeného barviva Δa^* 2,41. Ve složce jasu ΔL^* 1,69 došlo k zesvětlení z důvodu ztráty barviva.

Tabulka 41 Komponent a červená řepa

ID	L*	a*	b*	pH
červená řepa komponent týden 0	23,74	1,83	-0,59	3,92
červená řepa komponent týden 1	23,65	1,94	-0,52	3,82
červená řepa komponent týden 3	24,19	2,15	-0,31	3,86
červená řepa komponent týden 6	23,41	2,4	-0,6	3,84
červená řepa komponent týden 8	24,4	2,25	-0,29	3,75

Vzorek komponentu s červenou řepou jako jediný vzorek z této řady vykazuje nižší degradaci barviva a po celou dobu měření je zaznamenána modrá barva na ose -b (Δb^* -0,3). Její rozdíly byly vyhodnoceny jako nepatrné. K menšímu zvýšení došlo i na ose +a ukazující červenou barvu Δa^* 0,42. Vzorek během sledované doby světlal ΔL^* 0,66, došlo ke zvýšení žlutého zabarvení a snížení tónu červeného. U červené barvy je vidět přechod do tmavších odstínů.

Tabulka 42 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa

ID T	L*	a*	b*	pH
červená řepa nápoj pH3 týden 0	25,64	7,3	2,59	3,01
červená řepa nápoj pH3 týden 1	26,08	7,21	2,88	3,06
červená řepa nápoj pH3 týden 3	25,08	6,12	1,02	2,98
červená řepa nápoj pH3 týden 6	25,73	6,98	2,45	3,04
červená řepa nápoj pH3 týden 8	26,09	5,88	1,34	3,05

Vzorek nápoje červená řepa pH 3. Během sledování docházelo k snížení poměru žluté barvy, která na konci měření klesla Δb^* 1,25. Při kontrole došlo na červené ose k mírnému snížení červené barvy Δa^* 1,42. Vzorek byl světlejší ΔL^* 0,45.

Tabulka 43 Transmise nápoj pH 4 a červená řepa

ID T	L*	a*	b*	pH
červená řepa nápoj pH4 týden 0	26,03	6,83	2,43	4,08
červená řepa nápoj pH4 týden 1	26,22	7	2,48	3,94
červená řepa nápoj pH4 týden 3	25,51	5,69	0,95	3,97
červená řepa nápoj pH4 týden 6	25,71	7,1	2,44	4,02
červená řepa nápoj pH4 týden 8	25,27	5,99	0,96	4,01

Při měření transmise nápoje pH 4, došlo ke snížení červené Δa^* 0,84 i žluté složky Δb^* 1,47. Nápoj vykazoval změnu jasu na tmavším ΔL^* 0,76. Při porovnání nápojů pH 3 a pH 4 bylo vysledováno, že nápoj pH 3 měl výraznější změnu v červené složce.

Tabulka 44 Mléko a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev mléko týden 0	61,91	7,89	-8,33	6,52
černá mrkev mléko týden 1	62,29	7,86	-8,55	6,69
černá mrkev mléko týden 3	63,25	7,8	-7,87	6,68
černá mrkev mléko týden 6	73,24	10,28	-1,38	6,60
černá mrkev mléko týden 8	72,75	9,98	-1,47	4,49

U mléka obarveného černou mrkví došlo k tmavnutí vzorku ΔL^* 10,84. Bylo sledováno snížení modré barvy (Δb^* - 6,86) a zvýšení červeného podílu Δa^* 2,09.

Tabulka 45 Jogurt a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev jogurt týden 0	70,58	17,63	0,46	4,55
černá mrkev jogurt týden 1	68,44	16,54	-3,25	4,46
černá mrkev jogurt týden 3	70,24	15,76	-2,66	4,42
černá mrkev jogurt týden 6	70,94	14,66	-2,51	4,48
černá mrkev jogurt týden 8	69,17	15,75	-3,31	4,40

Barvivo černé mrkve s jogurtem ukazovalo při počátečním měření malý podíl žluté složky, která se během skladování přesunula do modré oblasti Δb^* 3,77. Došlo také k mírnému snížení červené barvy Δb^* 1,88 a mírnému posunu jasu ΔL^* 1,41.

Tabulka 46 Komponent a černá mrkev

ID	L*	a*	b*	pH
černá mrkev komponent týden 0	23,31	0,84	-0,71	3,92
černá mrkev komponent týden 1	22,67	1,0	-0,54	3,82
černá mrkev komponent týden 3	23,69	0,89	-0,34	3,86
černá mrkev komponent týden 6	23,3	1,04	-0,68	3,84
černá mrkev komponent týden 8	23,43	1,44	-0,56	3,75

Komponent s černou mrkví vykazuje přibližně stejné množství modré barvy (Δb^* - 0,15) a dále minimální zvýšení v červené barvě Δa^* 0,6. Změny v jasu zanedbatelné ΔL^* 0,12.

Tabulka 47 Nápoj pH 3 a černá mrkev

ID T	L*	a*	b*	pH
černá mrkev nápoj pH3 týden 0	24,92	3,8	0,38	3,01
černá mrkev nápoj pH3 týden 1	24,85	3,96	0,53	3,01
černá mrkev nápoj pH3 týden 3	25,31	5,31	1,53	2,94
černá mrkev nápoj pH3 týden 6	25,25	5,22	1,31	3,02
černá mrkev nápoj pH3 týden 8	24,74	4,99	1,02	3,03

Vzorek nápoje s hodnotou pH 3 a barvivem z černé mrkve byl během pozorování bez patrných změn. Při měření v 3. týdnů došlo k nárůstu žlutého zbarvení patrně vlivem nečistoty a tím došlo ke zkreslení výsledku vzorku. Hodnoty Δb^* 0,64, Δa^* 1,19, ΔL^* 0,18.

Tabulka 48 Nápoj pH 4 a černá mrkev

ID T	L*	a*	b*	pH
černá mrkev nápoj pH4 týden 0	24,3	3,35	0,42	4,03
černá mrkev nápoj pH4 týden 1	24,24	3,15	0,25	3,77
černá mrkev nápoj pH4 týden 3	24,97	3,24	0,48	3,86
černá mrkev nápoj pH4 týden 6	24,75	2,74	0,22	3,89
černá mrkev nápoj pH4 týden 8	24,89	2,7	0,29	3,79

Nápoj pH 4 s barvivem černá mrkev. Vzorek vykazuje poměrně vysokou stabilitu. Žlutá složka představující se na ose +b se zaměřuje na neutrální tón šedé Δb^* 0,13 a červená složka na ose +a se výrazně nemění Δa^* 0,65. Jas vzorku ΔL^* 0,59. Vzorek nápoje s hodnotou pH 3 znázorňoval na ose +a mírný nárůst v červeném odstínu. Osa +b znázorňující žlutou zaznamenala Δb^* 0,64 velmi slabý rozdíl. Tento vzorek nápoje pH 4 vykazoval jen nepatrné změny, které u běžného spotřebitele nejsou zaznamenány.



Obrázek 16 Srovnání vzorků mléka červená řepa, černá mrkev (light box, lednice)

U vzorků umístěných do lednice byl sledován vývoj barevných změn vlivem stárnutí, ale za podmínek chladírenského řetězce. Vzorek mléka se žlutým barvivem, který byl nejvíce změněn byl vyhodnocen vzorek s barvivem žlutá mrkev, u kterého došlo ke zvýšení ΔL^* 1,25 a u beta karotenu ΔL^* 0,15 V praxi musíme vzít v úvahu nestabilitu karotenoidů, kdy vysoká vodní aktivita působí jako oxidant [59].

U mléka s červeným barvivem bylo vyhodnoceno mléko s červenou řepou, u něhož došlo k rozdílu v červené barvě, ztrátě modré a celkovému blednutí. Vzorek byl světlejší o 14,3 % než byl původní jas a ukazoval na nestabilitu pigmentu. Toto přírodní barvivo je nejstálejší při pH 6,6 - 6,3 a je citlivé na vysokou vodní aktivitu. Z tohoto důvodu je jeho vhodné použití do mražených výrobků nebo do sušených směsí [66].

U vzorků jogurtů byly zaznamenány největší změny s barvivem beta karoten a červená řepa, tento výsledek byl zaznamenán i při skladování v light boxu. Komponent s barvivem podléhal destruktivním změnám stárnutí nejméně. Ze žlutých barviv byl vybrán jako nejhorší vzorek s beta karotenem a z červených vzorek červená řepa. Důvodem malých barevných změn v komponentu může být dobrá fixace na kukuřičný škrob. Látka s vysokou hodnotou indexu lomu, může ovlivnit jas přírodních barviv [68].

Nápoj pH 3 u těchto vzorků byl zvolen se žlutou mrkví a červenou řepou. Nápoj červená řepa pH 3 ΔL^* 0,45, Δa^* 1,42, Δb^* 1,25 změny postřehnutelné a u žluté složky jasně postřehnutelné. Naměření hodnoty nápoje s žlutou mrkví ΔL^* 1,4, Δa^* 0,09, Δb^* 3,11. Nápoj pH 4 byl zhodnocen jako nápoj se šetrnějším prostředím pro barviva, vizuální změny byly méně výrazné, přesto byly opětovně vybrány barviva žlutá mrkev a

červená řepa jako barviva podléhající stárnoucím změnám. Nápoj pH 4 s barvivem červená řepa ΔL^* 0,76, Δa^* 0,84, Δb^* 1,47 změny hodnoceny jako slabé, ale postřehnutelné. K posouzení barevných změn byly naměřené hodnoty porovnány s tabulkou č.1 v teoretické části [65].

ZÁVĚR

Senzorické hodnocení se řadí i nadále k rychlým a poměrně spolehlivým metodám pro praktické využití. Tyto metody však nejsou zcela objektivní, a proto se využívají především jako doplňkové. K přesnému stanovení barvy se využívají instrumentální metody, které přesně a nestranně popíší kontrolovaný barevný parametr. V potravinářství je tento senzorický ukazatel velmi sledován a z tohoto důvodu byl zařazen i do této diplomové práce. Potravinářská barviva jsou sledovanými aditivami a jejich použití ve spotřebiteli nemusí budit důvěru. Výrobci potravin mají snahu nahradit syntetická barviva přírodními. Přírodní barviva často podléhají rychlému stárnutí a následně degradaci barvy. Tato práce se zabývala vybranými přírodními barvivy a jejich barevných změn v potravinách. K sledování barvy byl využit přístroj HunterLab. Tento spektrofotometr měří odraz světla, na jehož základě proběhlo vyhodnocení složek jasu a barvy. Ze získaných výsledků bylo patrné, že barevné změny závisí na typu přírodního pigmentu a jeho správné použití do výrobku. Velký potenciál má pigment z černé mrkve, který vykazoval nejvyšší stabilitu ve sledovaných produktech. Jeho dalším sledováním by tento přírodní pigment mohl být náhradou syntetických barviv do široké palety potravin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MICHÁLKOVÁ, Ilona. Využití VIS spektrometrických metod ke kontrole kvality mléčných výrobků [online]. Brno [cit. 2023-01-25]. Diplomová práce. Vedoucí práce Prof. Ing. Květoslava Šustová, PhD.
- [2] SLEZÁKOVÁ A KOL., Lenka. Ošetrovatelství pro střední zdravotní školy IV. Druhé. Praha: Grada, 2014. ISBN ISBN 978-80-247-4342-41.
- [3] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. Praha: Grada, 2004. ISBN isbn80-247-0786-1.
- [4] NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. Medicínská biofyzika. 1. vydání. Praha: Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- [5] Envispot. Envispot.cz [online]. [cit.2022-10-15]. Dostupné z: <https://envispot.cz/spravne-uchopit-barevne-spektrum-svetla/>
- [6] Eluc.kr-olomoucky. Eluc.kr-olomoucky.cz [online]. [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: [https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1778\(7\) Typy světelných zdrojů. In: Wikipedia: the free encyclopedia \[online\]. San Francisco \(CA\): Wikimedia Foundation, 2001- \[cit.2022-03-20\]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Typy_sv%c4%9bteln%c3%bdch_zdroj%c5%af](https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1778(7) Typy svetelných zdrojů. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit.2022-03-20]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Typy_sv%c4%9bteln%c3%bdch_zdroj%c5%af)
- [7] Mlékárenské listy. Www.mlekarskelisty.cz [online]. 2016 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2016/154-155/veda_154_4-7.pdf
- [8] Jak funguje světlo. Www.lighting.philips.cz [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.lighting.philips.cz/consumer/advice-on-lighting-ideas/jak-funguje-svetlo>
- [9] Barva, energie a světlo: Pohled na svět očima fotochemika. Www.vscht.cz [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/mojr>
- [10] KOHOUT V.: Školská fyzika, 4, 11 – 16 s. [online].: Historie a elementární základy teorie barev I [online]. 2012 [cit. 2023-05-04]. ISSN ISSN 2336-2774. Dostupné z: http://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012_04_3.pdf
- [11] IsaacNewton. Www.lib.cas.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: https://www.lib.cas.cz/casopis_informace/isaac-newton/
- [12] Světlo: Fyzikální podstata světla. Www.odbornecasopisy.cz [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/fyzikalni-podstata-svetla--16967>
- [13] Optika, šíření světla. Sites.google.com [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/fyzika007/optika/sireni-svetla>

- [14] Šíření světla. Fyzika.jreichl.com [online]. [cit.2023-03-20]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/pdf/435-sireni-svetla>
- [15] Polychromatické světlo. Www.bioptron.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.bioptron.cz/How-it-Works/Bioptron-Light-Therapy.aspx#polychromatic>
- [16] ROBERTSON, A. a N. OHTA. J. Wiley: Colorimetry:fundamentals and applications. West Sussex, 2005. ISBN ISBN 04-700-9472-9.
- [17] Zákon odrazu. Stareyesforevers.com [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://cs.stareyesforevers.com/obrazovanie/81486-optika-fizika-8-klass-zakon-otrazheniya-formula.html>lika, 8. ročník. Zákon reflexe: Vzorec (stareyesforevers.com)
- [18] Fyzika. Www.vernier.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php?o=fyz-vse>
- [19] Spektralni_chovani. Is.muni.cz [online]. [cit.2022-03-31]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2015/Z8108/um/54602380/DPZ_03_spektralni_chovani.pdf
- [20] KLOUDA P., 2003 Moderní analytické metody. 2., uprav. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [21] Absorbance. Www.moleculardevices.com [online]. [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://www.moleculardevices.com/technology/absorbance>
- [22] SCHANDA J., 2007: Colorimetry understanding the CIE system, Vienna, Austria, CIE/Commission internationale de l'eclairage. 459 s. ISBN 9780470049044.
- [23] KADLEC, P.: Měření barvy potravin. IN: KADLEC K., KMÍNEK M., KADLEC, P. 2015: Technologie potravin – Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výrobcích. Ostrava: Key Publishing, 824 s. ISBN 978-80-7418-232-7.
- [24] PARÉ J. R. J., BÉLANGER J. R. M., 1997: Instrumental methods in food analysis, Publishers: Elsevier Science B. V. ISBN 0-444-81868-5
- [25] Barva, energie, světlo. Www.vscht.cz [online]. [cit.2022-10-15]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/mojr>
- [26] Understand_color. Www.xrite.com [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/110-001_a_guide_to_understanding_color_communication/110-001_understand_color_en.pdf
- [27] Jak vznikají barvy. Www.products.pcc.eu [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/jak-vznikaji-barvy-a-proc-je-vidime-barevne-modely-a-zpusoby-jejich-popisu/>

- [28] CIE_{x-y-z}. Vteke.com [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://vteke.com/cie-standard-observers-cie-x-y-z-color-values/>
- [30] MILATA, V. a P. SEGLA. Spektrální metody v chemii, Edícia vysokoškolských učebnic. Edícia vysokoškolských učebnic, 2004. ISBN ISBN 8022720496.
- [31] Reprezentace barev. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation,2001-[cit.2023-05-04]. Dostupné z: https://wikisofia.cz/wiki/Reprezentace_a_vytv%C3%A1%C5%99en%C3%AD_barev
- [32] Svítivost. Wwww.goled.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.goled.cz/blog/svitivost/>
- [33] Sytostbarev. Tiantanstemcell.com [online]. [cit.2022-02-16]. Dostupné z: <https://tiantanstemcell.com/cs/jaky-je-rozdil-mezi-pojmy-intenzita-barev-a-sytost-barev/>
- [34] Nezávisle-barevne-modely. Wwww.products.pcc.eu [online]. [cit. 2023-02-01]. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/jak-popiseme-barvy-nezavisle-barevne-modely/>
- [35] Barevný prostor. Dbterapie.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://dbterapie.cz/encyklopedie/cie-1931-barevny-prostor/>
- [36] Illuminants. Wwww.xrite.com [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: https://www.xrite.com/de/service-support/understanding_illuminants
- [37] Basics-of-color-theory. Wwww.hunterlab.com [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.hunterlab.com/media/documents/basics-of-color-theory.pdf>
- [38] ČEPPAN, Michal, Oldřich ZMEŠKAL a Petr DZIK. Barevné prostory a správa barev. Wwww.fch.vutbr.cz [online]. Brno, 2002, 2002 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf
- [39] Potravinarske-pridatne-latky. Bezpecnostpotravin.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/kategorie/potravinarske-pridatne-latky/>
- [40] Potravinarske-aditivni-latky-barviva. Wwww.potravinainfo.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: https://www.potravinainfo.cz/33/potravinarske-aditivni-latky-barviva-uniqueidmRRWSbk196FNf8jVUh4EstVtRjpnQxZRjFZHoOpj5ZwRYsMFH_3w/https://www.potravinainfo.cz/33/potry-barviva-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EstVtRjpnQxZ-RjFZHoOpj5ZwRYsMFH_3w/
- [41] Nahoda-preje-pripravenym. Archiv.hn.cz [online]. [cit.2023-04-27]. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-19153860-nahoda-preje-pripravenym>

- [42] Booth, Gerald (2000). "Barviva, všeobecný průzkum". Ullmannova encyklopedie průmyslové chemie. Wiley-VCH. DOI:10.1002/14356007.a09_073. ISBN 3527306730.
- [43] Pridatne-latky-aditiva. Www.szpi.gov.cz [online]. [cit.2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx>
- [44] On line 5.4.2023Přidatné látky. Www.potravinainfo.cz [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupnéz:https://www.potravinainfo.cz/?sekce=32&query=p%C5%99idatn%C3%A9+1%C3%A1tky+uveden%C3%AD+ve+slo%C5%BEen%C3%AD&filters=topic_vd%3Alegislativa_a_technologie-pridatne_latky%2Ctype%3Aclanek#offset=0
- [45] BURGESS, Rebecca. Sklizeň barvy: Jak najít rostliny a vyrobit přírodní barviva.: Sklizeň barvy: Jak najít rostliny a vyrobit přírodní barviva. ISBN ISBN 9781579654252.
- [46] Barvivo - syntetická barviva | Britannica." www.britannica.com. Citováno 2022-06-20. [online]. [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: www.britannica.com
- [47] The origins of colors pigmentsanddyes. Www.britannica.com [online]. [cit.2023-04-24].Dostupnéz:<https://www.britannica.com/quiz/the-origins-of-colors-pigments-and-dyes>
- [48] Potravinyinfo. Www.potravinainfo.cz [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.potravinainfo.cz/33/potravinarske-aditivni-latky-barviva-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EstVtRjpnQxZdqAo-UVpepbVRYFLS2WAvA>
- [49] EFSA. Www.efsa.europa.eu [online]. [cit.2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/about/about-efsa#principles-and-practices>
- [50] SZPI. Www.szpi.gov.cz [online]. [cit.2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx>
- [51] Legislativa EU. Legislativa EU [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008R1333>
- [52]Bezpečnostpotravin.https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/Brozura_Oznacovani%20potravin_A4_web.pdf [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/Brozura_Oznacovani%20potravin_A4_web.pdf
- [53] Critical Reviews in Food Science and Nutrition. PubMed. 40(3):173–289 (2000). Dostupné z: doi:DOI: 10.1080/10408690091189257
- [54] Phytochemicals in Plant Cell Cultures. ISBN ISBN 9780127150055.
- [55] The Effects of Natural and Synthetic Blue Dyes on Human Health.: A Review of Current Knowledge and Therapeutic Perspectives,. 2021. ISSN ISSN 2161-8313.

- [56] Přírodní pigmenty: karotenoidy, antokyany a betalainy - charakteristika, biosyntéza, zpracování a stabilita. 2010. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1080/10408690091189257>
- [57] <https://cs.thpanorama.com/articles/biologa/carotenoides-estructura-quimica-funciones-clasificacin-alimentos.html> [online]. [cit. 2023-05-02].
- [58] Food Chemistry: Natural edible pigments: A comprehensive review of resource, chemical classification, biosynthesis pathway, separated methods and application Natural edible pigments. 2023. ISSN ISSN 0308-8146.
- [59] Automa. https://automa.cz/cz/casopis-clanky/mereni-barvy-potravin-2015_10_54109_6774/ [online]. [cit.2023-04-23].
- [60] KADLEC a KMÍNEK. Technologie potravin: Měření barvy potravin biotechnologických výrobcích. Ostrava,2015. ISBN978-80-7418-232-7.
- [61] Kontrola barevnosti. www.anamet.cz [online]. [cit.2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/profesionalni-kontrola-barevnosti-nezbytny-krok-k-prosperite/>
- [62] Měření kapalin. www.hunterlab.com [online]. [cit.2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.hunterlab.com/media/documents/mm-5033-measuring-opaque-liquids-with-ultrascan-vis.pdf>
- [63] VOLHEJNOVÁ, Klára. *Vizuální hodnocení barevných rozdíl a barevné preference*. Liberec, 2007. Diplomová práce. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI FAKULTA TEXTILNÍ. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Vik, PhD.
- [64] SÝKORA, Vladimír a Květoslava ŠUSTOVÁ. Barevná spektrofotometrie v mlékárenství. *Mlékárenské listy*. 2016, **2016**(154), 4-6.
- [65] ČEPPAN, Michal, Oldřich ZMEŠKAL a Petr DZIK. Barevné prostory a správa barev. www.fch.vutbr.cz [online]. Brno, 2002, 2002 [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.pdf
- [66] www.sciencedirect.com [online]. [cit.2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/betainin>
- [67] CHUNG, Cheryl, Thananunt ROJANASASITHARA, William MUTILANGI a David Julian MCCLEMENTS. Zlepšení stability přírodních potravinářských barviv: Vliv aminokyselin a přidání peptidu na stabilitu anthokyanů v modelových nápojích. *Department of Food Science*.
- [68] Catur Harsito, Aditya Rio Prabowo , Singgih Dwi Prasetyo and Zainal Arifin From the journal *Open Engineering*<https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1515/eng-2021-0055>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CIE....Mezinárodní komise pro osvětlení

RGB...Barevný prostor červená-zelená-modrá

CMYKBarevný prostor míchání barev žlutá-červená-modrá-černá

D65.....Světelný zdroj

CIE X, Y, ZTrojrozměrný barevný prostor

L*a*b* Barevný prostor

LB..... Light box

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Soustava tyčinek a čípků v sítnici.	12
Obrázek 2 Elektromagnetické vlny.....	13
Obrázek 3 Časová změna elektrického a magnetického pole.....	14
Obrázek 4 Tristimulus lidského oka.	19
Obrázek 5 CIE x, y, z.....	20
Obrázek 6 Barevné prostory.	20
Obrázek 7 RGB model s vymezením barevných elips.	21
Obrázek 8 Porovnání barevného prostoru Hunter Lab a $L^*a^*b^*$	22
Obrázek 9 Grafické zobrazení $L^* a^* b^*$ modelu	23
Obrázek 10 Vzorky mléka s červeným barvivem.....	36
Obrázek 11 Vzorky se žlutým barvivem	36
Obrázek 12 Spektrální křivka	37
Obrázek 13 Znázornění barvy v grafu	38
Obrázek 14 Spektrofotometr HunterLab	39
Obrázek 15 Vzorky mléka s barvivem mléko, červená řepa, černá mrkev, žlutá mrkev, beta karoten	39
Obrázek 16 Srovnání vzorků mléka červená řepa, černá mrkev (light box, lednice).....	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rozdíl barev na základě celkové difference[38].	23
Tabulka 2 Přírodní barviva povolená v ČR a EU	26
Tabulka 3 Hodnoty pH připravovaných vzorků mléka	33
Tabulka 4 Hodnoty pH připravovaných vzorků jogurtu	34
Tabulka 5 Hodnoty pH připravovaných vzorků komponentu	34
Tabulka 6 Hodnoty pH připravovaných vzorků nápoje	35
Tabulka 7 Hodnoty pH připravovaných vzorků nápoje	35
Tabulka 8 připravované množství a navážky	35
Tabulka 9 Mléko a žlutá mrkev	40
Tabulka 10 Jogurt a žlutá mrkev	40
Tabulka 11 Komponent a žlutá mrkev	41
Tabulka 12 Nápoj pH 3 a žlutá mrkev	41
Tabulka 13 Nápoj pH 4 a žlutá mrkev	42
Tabulka 14 Mléko a beta karoten	42
Tabulka 15 Jogurt a beta karoten	43
Tabulka 16 Komponent a beta karoten	43
Tabulka 17 Nápoj pH 3 a beta karoten	44
Tabulka 18 Nápoj pH 4 a beta karoten	44
Tabulka 19 Mléko a červená řepa	44
Tabulka 20 Jogurt a červená řepa	45
Tabulka 21 Komponent a červená řepa	45
Tabulka 22 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa	46
Tabulka 23 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa	46
Tabulka 24 Mléko a černá mrkev	47
Tabulka 25 Jogurt a černá mrkev	47
Tabulka 26 Komponent a černá mrkev	47
Tabulka 27 Transmise nápoj pH 3 černá mrkev	48
Tabulka 28 Transmise nápoj pH 4 černá mrkev	48
Tabulka 29 Mléko a žlutá mrkev	49
Tabulka 30 Jogurt a žlutá mrkev	49
Tabulka 31 Komponent a žlutá mrkev	50
Tabulka 32 Nápoj pH 3 a žlutá mrkev	50
Tabulka 33 Nápoj pH 4 a žlutá mrkev	51
Tabulka 34 Mléko a beta karoten	51

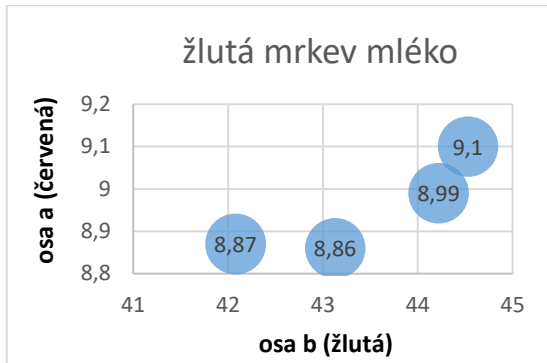
Tabulka 35 Jogurt a beta karoten	51
Tabulka 36 Komponent a beta karoten	52
Tabulka 37 Nápoj pH 3 a beta karoten	52
Tabulka 38 Nápoj pH 4 a beta karoten	53
Tabulka 39 Mléko a červená řepa	53
Tabulka 40 Jogurt a červená řepa	54
Tabulka 41 Komponent a červená řepa	54
Tabulka 42 Transmise nápoj pH 3 a červená řepa	55
Tabulka 43 Transmise nápoj pH 4 a červená řepa	55
Tabulka 44 Mléko a černá mrkev	55
Tabulka 45 Jogurt a černá mrkev	56
Tabulka 46 Komponent a černá mrkev	56
Tabulka 47 Nápoj pH 3 a černá mrkev	57
Tabulka 48 Nápoj pH 4 a černá mrkev	57

SEZNAM GRAFŮ

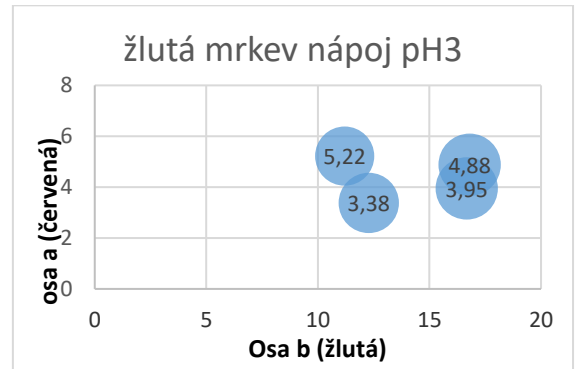
Graf 1 Vývoj barvy - LB, mléko-žlutá mrkev.	72
Graf 2 Vývoj barvy - LB, jogurt - žlutá mrkev.....	72
Graf 3 Vývoj barvy - LB, komponent - žlutá mrkev.	72
Graf 4 Vývoj barvy – LB, nápoj pH3—žlutá mrkev.	72
Graf 5 Vývoj barvy - LB, nápoj pH4 - žlutá mrkev	72
Graf 6 Vývoj barvy - LB, mléko – beta karoten.	73
Graf 7 Vývoj barvy - LB, jogurt – beta karoten.	73
Graf 8 Vývoj barvy - LB, komponent – beta karoten.	73
Graf 9 Vývoj barvy – LB nápoj pH3-beta karoten	73
Graf 10 Vývoj barvy - LB, nápoj pH4 – beta karoten.	73
Graf 11 Vývoj barvy - LB, mléko – červená řepa.	74
Graf 12 Vývoj barvy - LB, jogurt – červená řepa.....	74
Graf 13 Vývoj barvy - LB, komponent – červená řepa.	74
Graf 14 Transmise nápoj pH3 a červená řepa LB.....	74
Graf 15 Transmise nápoj pH4 a červená řepa LB.....	74
Graf 16 Vývoj barvy - LB, mléko – černá mrkev.....	75
Graf 17 Vývoj barvy - LB, jogurt – černá mrkev	75
Graf 18 Vývoj barvy - LB, komponent – černá mrkev.....	75
Graf 19 Transmise nápoj pH3 a černá mrkev LB.....	75
Graf 20 Transmise nápoj pH3 a černá mrkev LB.....	75
Graf 21 Vývoj barvy mléko - lednice - žlutá mrkev.....	76
Graf 22 Vývoj barvy jogurt - lednice - žlutá mrkev.	76
Graf 23 Vývoj barvy komponent - lednice - žlutá mrkev.....	76
Graf 24 Vývoj barvy nápoj pH3 - lednice - žlutá mrkev.	76
Graf 25 Vývoj barvy nápoj pH4 - lednice - žlutá mrkev.	76
Graf 26 Vývoj barvy mléko - lednice – beta karoten.	77
Graf 27 Vývoj barvy jogurt - lednice – beta karoten.....	77
Graf 28 Vývoj barvy komponent - lednice – beta karoten.	77
Graf 29 Vývoj barvy nápoj pH3- lednice – beta karoten.....	77
Graf 30 Vývoj barvy nápoj pH4 - lednice – beta karoten.....	77
Graf 31 Vývoj barvy mléko - lednice – červená řepa.....	78
Graf 32 Vývoj barvy jogurt - lednice – červená řepa.	78
Graf 33 Vývoj barvy jogurt - lednice – červená řepa.	78
Graf 34 Transmise nápoj pH3 - lednice - červená řepa.	78

Graf 35 Transmise nápoj pH4 - lednice - červená řepa.	78
Graf 36 Vývoj barvy mléko - lednice – černá mrkev.	79
Graf 37 Vývoj barvy jogurt - lednice – černá mrkev.....	79
Graf 38 Vývoj barvy komponent - lednice – černá mrkev.	79
Graf 39 Transmise nápoj pH3 -lednice- černá mrkev.....	79
Graf 40 Transmise nápoj pH4 – lednice - černá mrkev.....	79

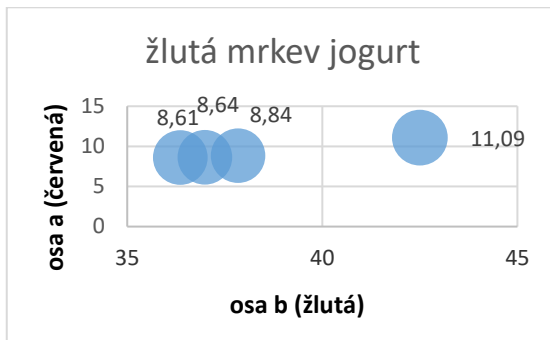
PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY



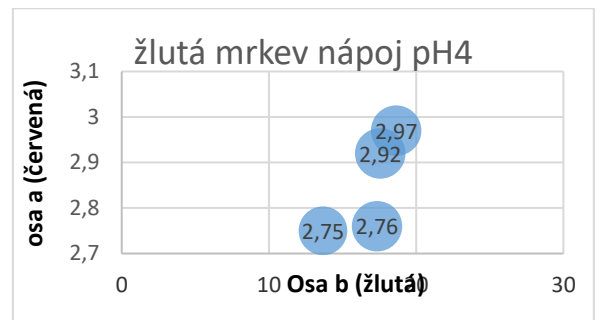
Graf 1 Vývoj barvy - LB, mléko-žlutá mrkev.



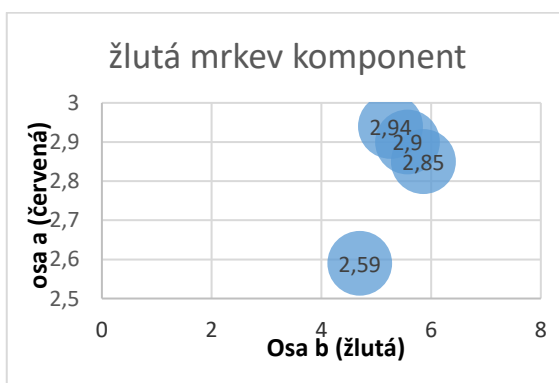
Graf 4 Vývoj barvy – LB, nápoj pH3— žlutá mrkev.



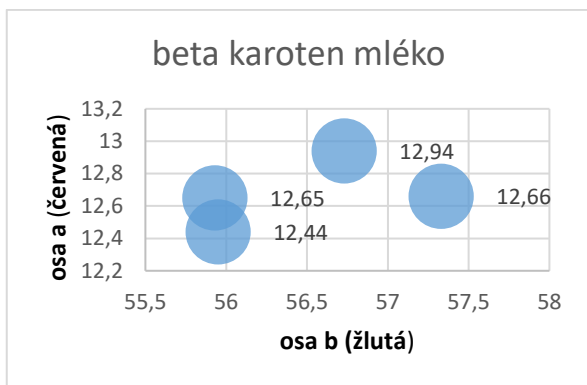
Graf 2 Vývoj barvy - LB, jogurt - žlutá mrkev.



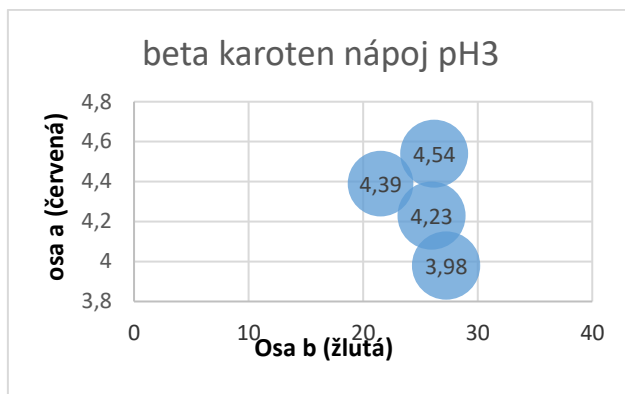
Graf 5 Vývoj barvy - LB, nápoj pH4 - žlutá mrkev



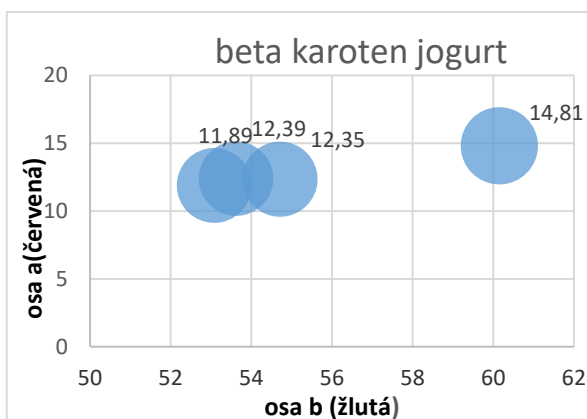
Graf 3 Vývoj barvy - LB, komponent - žlutá mrkev.



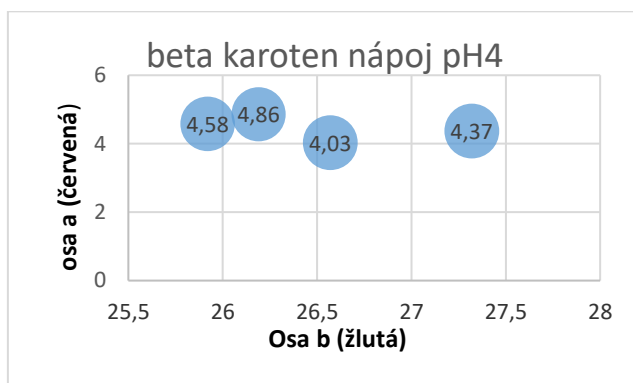
Graf 6 Vývoj barvy - LB, mléko – beta karoten.



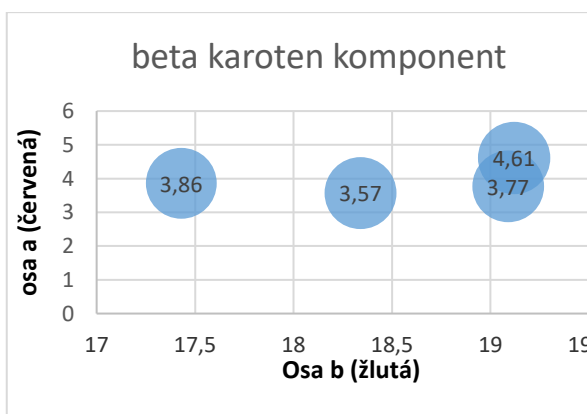
Graf 9 Vývoj barvy – LB nápoj pH3-beta karoten



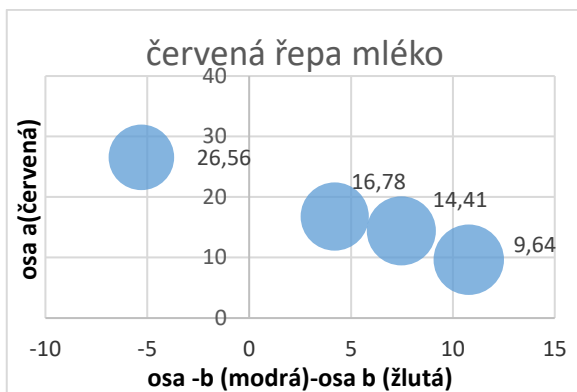
Graf 7 Vývoj barvy - LB, jogurt – beta karoten.



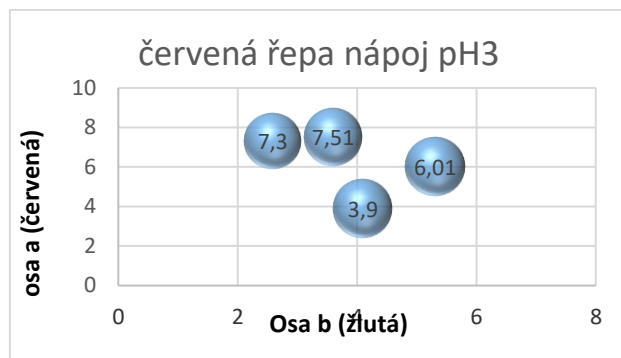
Graf 10 Vývoj barvy - LB, nápoj pH4 – beta karoten.



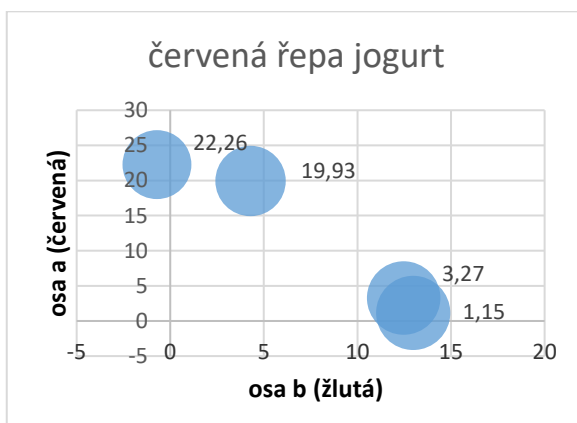
Graf 8 Vývoj barvy - LB, komponent – beta karoten.



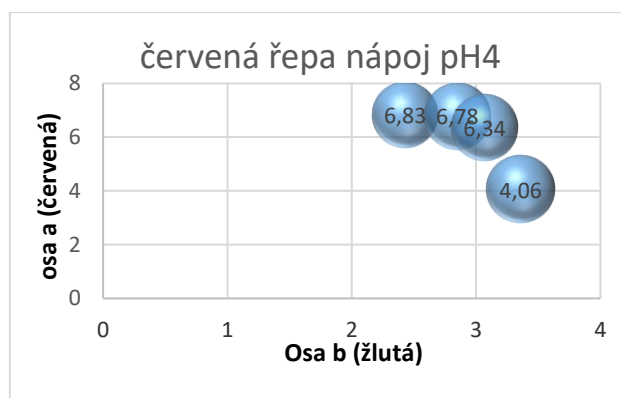
Graf 11 Vývoj barvy - LB, mléko – červená řepa.



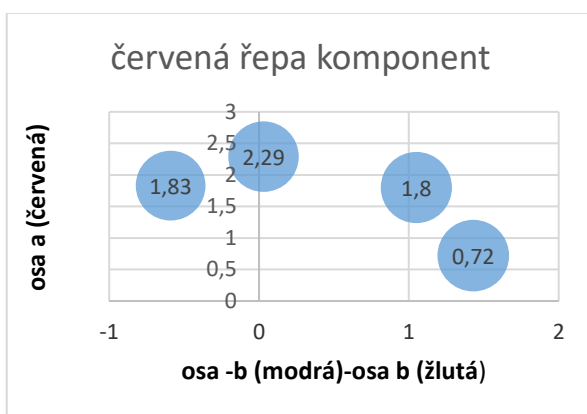
Graf 14 Transmise nápoj pH3 a červená řepa LB



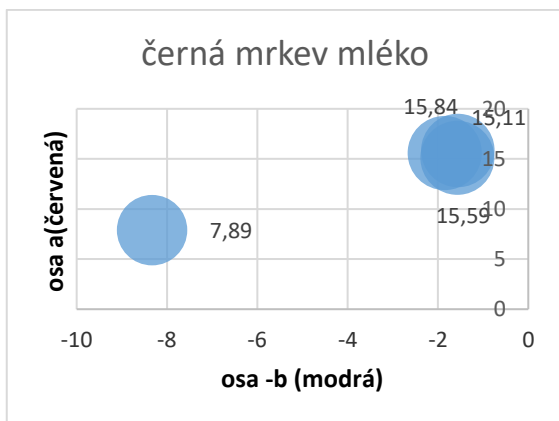
Graf 12 Vývoj barvy - LB, jogurt – červená řepa



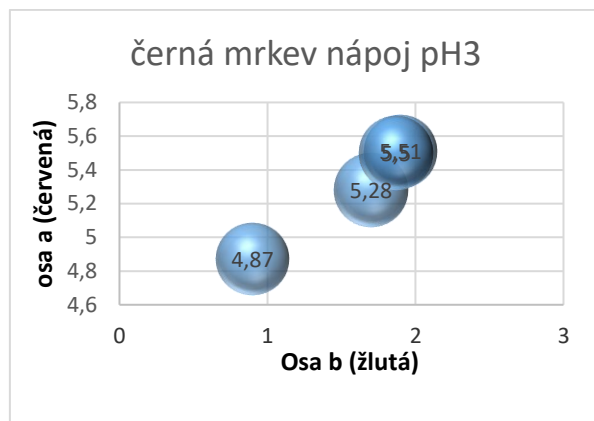
Graf 15 Transmise nápoj pH4 a červená řepa LB



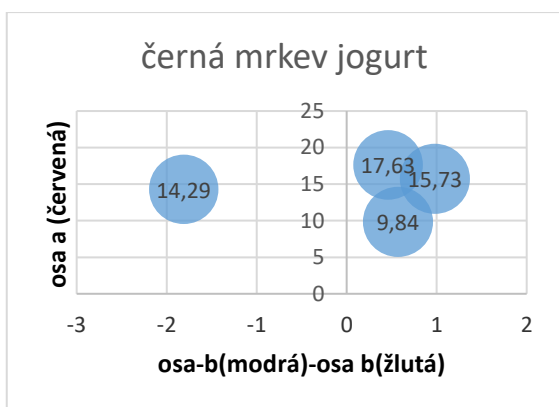
Graf 13 Vývoj barvy - LB, komponent – červená řepa.



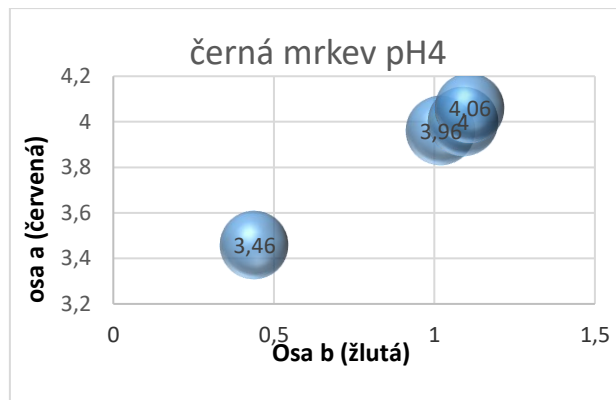
Graf 16 Vývoj barvy - LB, mléko – černá mrkev.



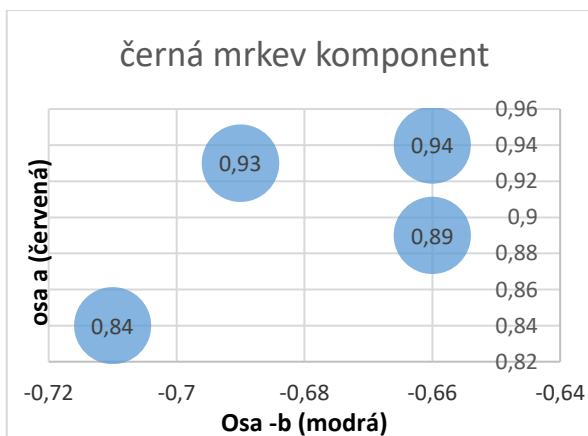
Graf 19 Transmise nápoj pH3 a černá mrkev LB.



Graf 17 Vývoj barvy - LB, jogurt – černá mrkev

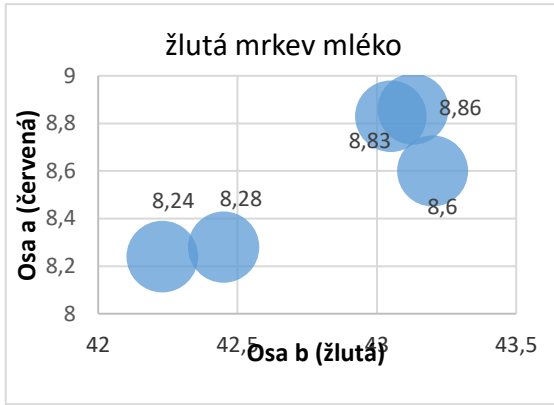


Graf 20 Transmise nápoj pH3 a černá mrkev LB.

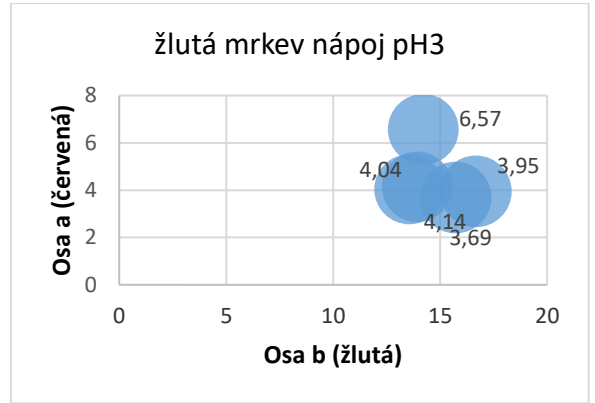


Graf 18 Vývoj barvy - LB, komponent – černá mrkev.

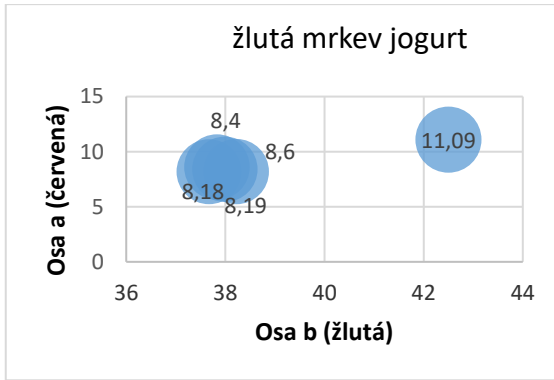
Lednice



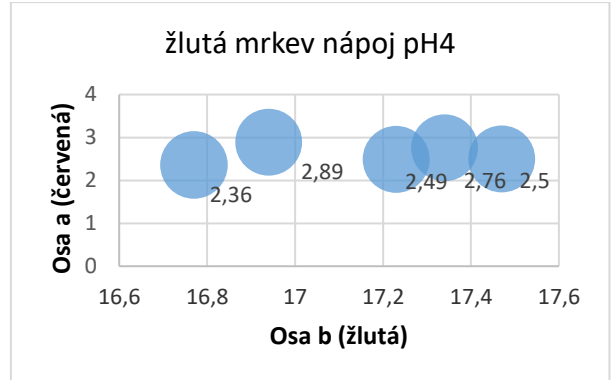
Graf 21 Vývoj barvy mléko - lednice - žlutá mrkev



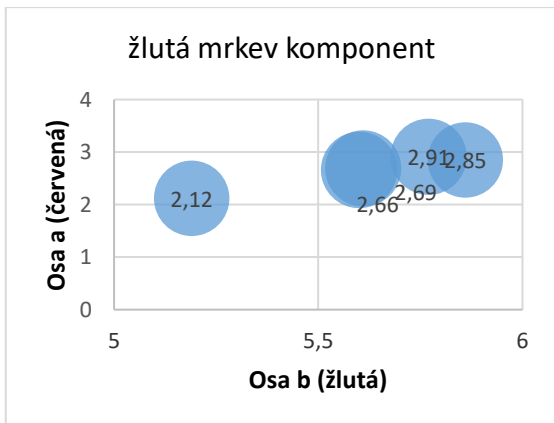
Graf 24 Vývoj barvy nápoj pH3 - lednice - žlutá mrkev.



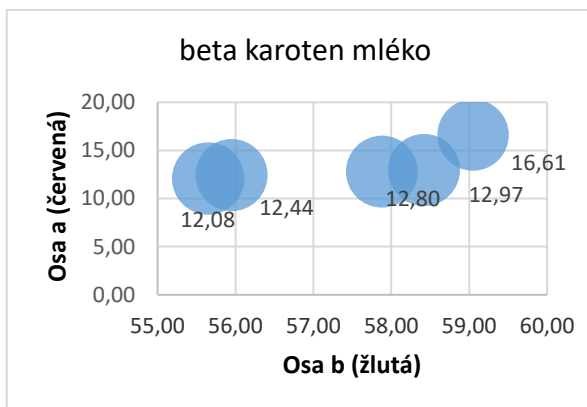
Graf 22 Vývoj barvy jogurt - lednice - žlutá mrkev.



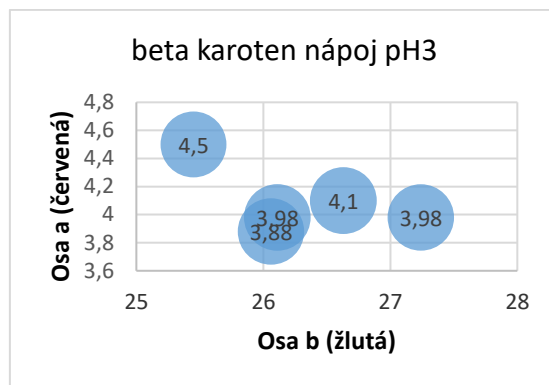
Graf 25 Vývoj barvy nápoj pH4 - lednice - žlutá mrkev.



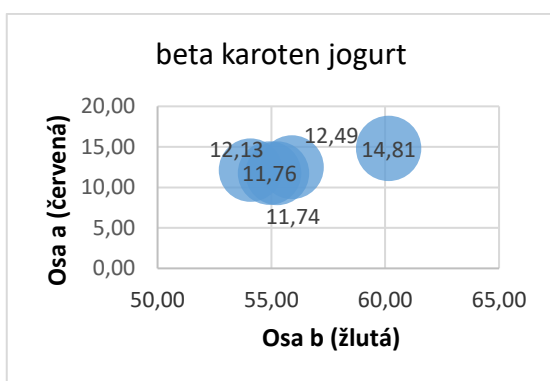
Graf 23 Vývoj barvy komponent - lednice - žlutá mrkev.



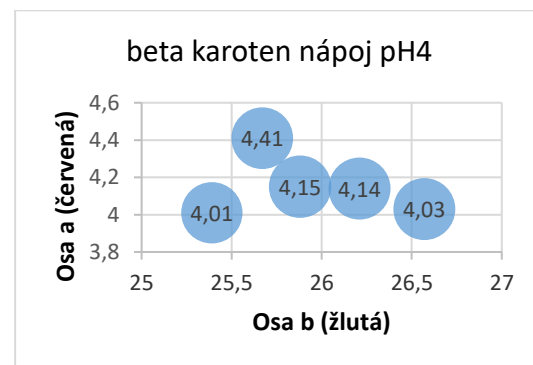
Graf 26 Vývoj barvy mléko - lednice – beta karoten.



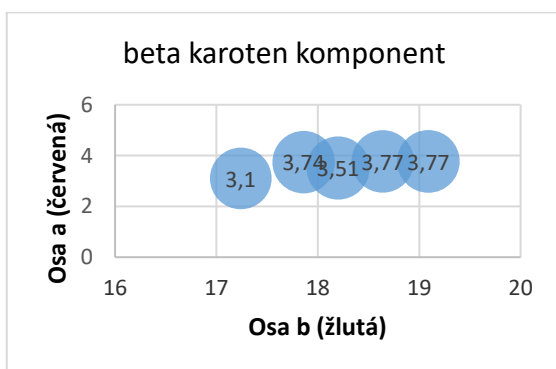
Graf 29 Vývoj barvy nápoj pH3- lednice – beta karoten.



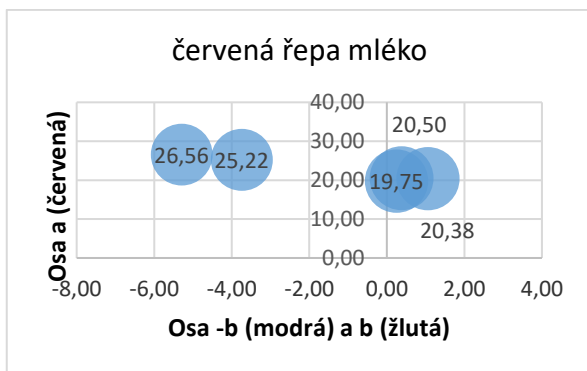
Graf 27 Vývoj barvy jogurt - lednice – beta karoten.



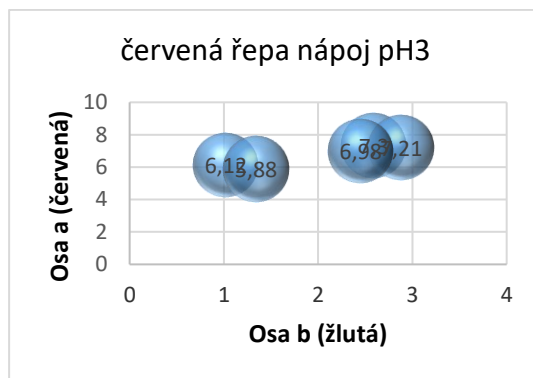
Graf 30 Vývoj barvy nápoj pH4 - lednice – beta karoten



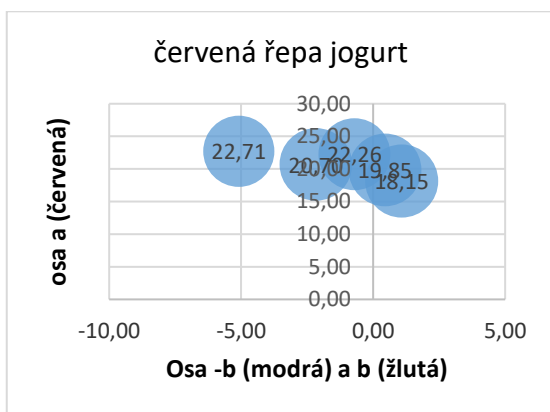
Graf 28 Vývoj barvy komponent - lednice – beta karoten.



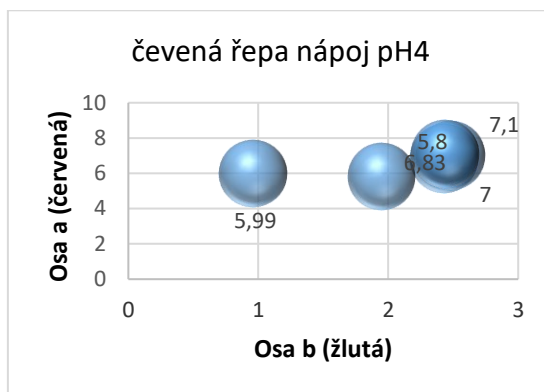
Graf 31 Vývoj barvy mléko - lednice – červená řepa.



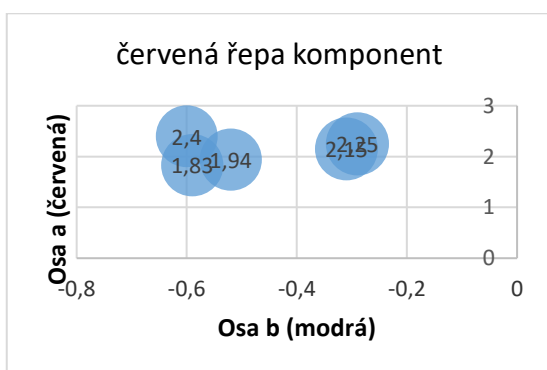
Graf 34 Transmise nápoj pH3 - lednice - červená řepa.



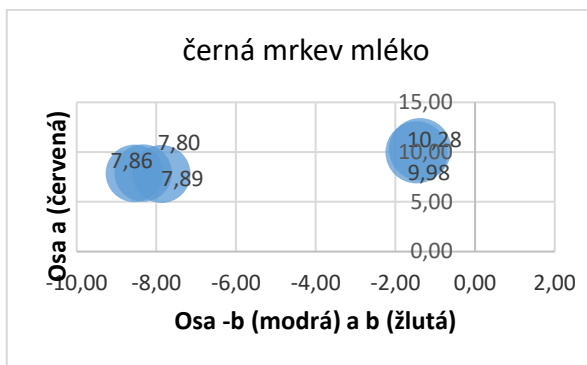
Graf 32 Vývoj barvy jogurt - lednice – červená řepa.



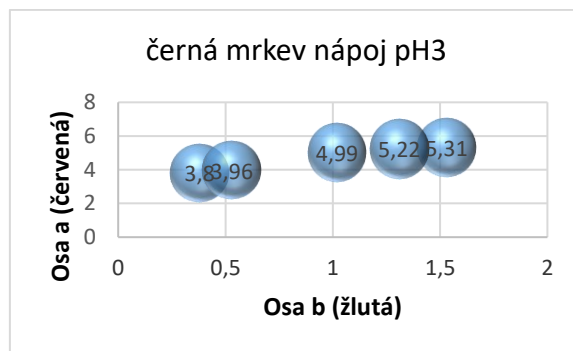
Graf 35 Transmise nápoj pH4 - lednice - červená řepa.



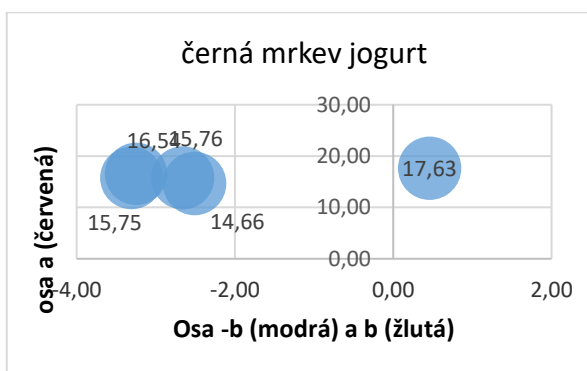
Graf 33 Vývoj barvy jogurt - lednice – červená řepa.



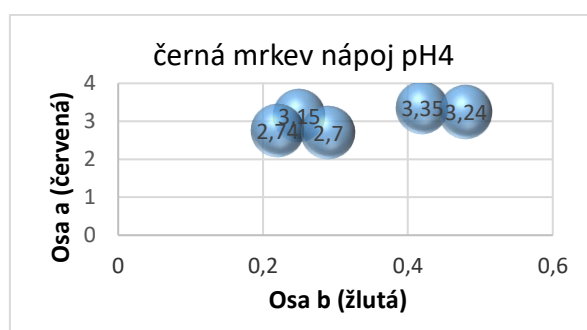
Graf 36 Vývoj barvy mléko - lednice – černá mrkev.



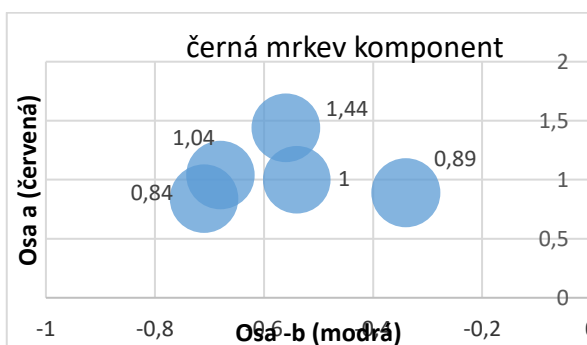
Graf 39 Transmise nápoj pH3 -lednice - černá mrkev



Graf 37 Vývoj barvy jogurt - lednice – černá mrkev.



Graf 40 Transmise nápoj pH4 – lednice - černá mrkev.



Graf 38 Vývoj barvy komponent - lednice – černá mrkev.