



**Využití VIS spektrometrických metod ke kontrole kvality  
mléčných výrobků**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
prof. Ing. Květoslava Šustová, PhD.

*Vypracovala:*  
Ilona Michálková

**Zadání:**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci *Využití VIS spektrometrických metod ke kontrole kvality mléčných výrobků* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce, paní prof. Ing. Květoslavě Šustové, Ph.D, za velmi vstřícný přístup a cenné rady při její tvorbě. Dále bych ráda poděkovala panu Mgr. Ing. Vladimíru Sýkorovi za cenné rady, poznámky a také čas, který mi věnoval při provádění praktické části této práce.

Další poděkování věnuji Ing. Romanu Pytlovi za pomoc a čas, který mi věnoval při provádění praktické části.

## ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je: *Využití VIS spektrometrických metod ke kontrole kvality mléčných výrobků*. V teoretické části jsou uvedeny kapitoly týkající se záření ve viditelné oblasti spektra (VIS). Práce je zaměřena na posuzování kvality a barvy syrovátky pomocí instrumentálního měření, které bylo prováděno na spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d, na kterém byly měřeny hodnoty CIE L\* a\* b\*. Z výsledků vyplývá, že na kvalitu sýřeniny mají vliv tyto faktory: sušina ( $R^2 = 0,0564$ ,  $p = 0,0047$ ), tuk ( $R^2 = 0,0730$ ,  $p = 0,0012$ ) a laktosa ( $R^2 = 0,0888$ ,  $p = 0,0003$ ). Z hlediska využití systému CIELAB se využil parametr L\* u kterého byly průkazné rozdíly při hodnocení kvality syrovátky ( $R^2 = 0,2137$ ,  $p = 0,000$ ). Pro barevné koordináty a\* a b\* byly naměřeny statisticky průkazné rozdíly: pro a\*  $p = 0,0003$ ; pro b\*  $p = 0,0000$ . Tyto hodnoty nelze využít k objektivnímu hodnocení syrovátky z důvodu hodnot pohybujících se v achromatické oblasti barevného systému CIELAB.

Klíčová slova: barva, mléčné produkty, syrovátka, CIE L\* a\* b\*, elektromagnetické spektrum

## ABSTRACT

The aim of this thesis is "Application of the VIS spectrometric methods for checking the quality of dairy products". In the theoretical part there are mentioned chapters about radiation in the visible spectrum (VIS). Thesis is focused on assessing the quality and color of whey by instrumental measurements, which was performed by a spectrophotometer Konica Minolta CM-3500d, which measured values of the CIE L\* a\* b\*. The system CIELAB deals with three basic coordinates which can be used for assessment of whey and curd quality. The values based on the parameter L\* showed the statistically significant differences between whey quality parameters dry matter ( $R^2 = 0,0564$ ,  $p = 0,0047$ ), content of fat ( $R^2 = 0,0730$ ,  $p = 0,0012$ ) and content of lactose ( $R^2 = 0,0888$ ,  $p = 0,0003$ ). However, the coordinates a\* and b\* in most cases performed statistically significant differences ( $R^2 = 0,2137$ ,  $p = 0,000$ ). Although, these results were obtained, all values were closed to the achromatic center of the system CIELAB and these values were useless for whey quality assessment.

Keywords: color, dairy products, whey, CIE L\* a\* b\*, electromagnetic spectrum

## Obsah

1	ÚVOD .....	8
2	CÍL PRÁCE .....	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	10
3.1	Lidské oko .....	10
3.1.1	Zpracování obrazu a vlastní proces vidění .....	10
3.2	Elektromagnetické spektrum.....	12
3.2.1	Vznik elektronového absorpčního spektra.....	13
3.2.2	Spektrální metody .....	13
3.3	Barva .....	14
3.3.1	Historie barvy .....	15
3.3.2	Hodnocení barvy .....	15
3.3.3	Subjektivní (vizuální) hodnocení barev .....	17
3.3.4	Objektivní měření barvy .....	18
3.4	Komise pro osvětlení (CIE) .....	19
3.4.1	Podmínky pozorování .....	20
3.4.2	Vyjadřování barev, jejich měření a ovlivnění.....	21
3.4.3	Standardní pozorovatel .....	22
3.4.4	Barevný prostor.....	23
3.4.5	Standardní zdroje světla.....	26
3.5	Mléko a mléčné produkty.....	29
3.5.1	Mléko a jeho reakční látky při vzniku syrovátky .....	29
4	MATERIÁL A METODIKA.....	31
4.1	Materiál .....	31
4.2	Metody .....	31
4.2.1	Základní rozbor mléka .....	31
4.2.2	Přídavek syřidla .....	34

4.2.3	Stanovení jakosti sýřeniny .....	34
4.2.4	Spektrofotometrické hodnocení barvy syrovátky .....	35
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	36
5.1	Výsledky analýzy mléka .....	36
5.2	Výsledky analýzy sýřeniny .....	37
5.3	Výsledky měření barvy .....	39
5.4	Výsledky barevných parametrů ve vztahu k jakosti sýřeniny.....	45
5.4.1	Korelace mezi kvalitou sýřeniny a světlosti ( $L^*$ ) .....	45
5.4.2	Korelace mezi kvalitou sýřeniny a souřadnicí barevnosti ( $a^*$ ).....	46
5.4.3	Korelace mezi kvalitou sýřeniny a souřadnicí barevnosti ( $b^*$ ).....	46
6	ZÁVĚR .....	48
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	50
8	SEZNAM TABULEK .....	57

# 1 ÚVOD

Barvy hrají v našem životě zásadní roli, člověk je po celý svůj život vystaven jejich vlivu. Jsou záležitostí vnímání a subjektivního výkladu. Rozhlédneme-li se kolem sebe, uvidíme rozsáhlou paletu barev, které nás ovlivňují nejen při výběru jídel, potravin a nákupu surovin, rovněž podávají informace o stavu okolního světa a působí i na naši psychiku. Barvy ovlivňují naše emoce, prožívání, jednání a chování, ale jejich význam neustále roste, avšak znalosti a kontrola je často nedostatečná.

Již v minulosti se lidé snažili vytvořit metody vyjadřující různé odstíny barev za použití složitých matematických vzorců, aby bylo možné je snadněji a přesněji vyjádřit. Nicméně u barvy neexistuje fyzikální měřítko, tak jako u hmotnosti nebo délky. Barvy můžeme hodnotit jednak sensoricky, zrakem nebo pomocí instrumentálních přístrojů – fotometrů (spektrometrů) a kolorimetrů.

Z technologického hlediska od příjmu a kontroly surovin, přes vlastní zpracování až po skladování potravin má barevné vidění pro člověka nezastupitelnou funkci. Úsudek člověka je většinou ovlivněn náladou a dosavadními zkušenostmi, z toho důvodu je nemožné provádět přesnou kontrolu barvy s použitím běžných barevných standardů, a proto je spojení sensorické analýzy s kolorimetrií nejlepší možností pro identifikaci, kontrolu a výběru kvality potravin.

Senzorické hodnocení a měření barvy kvality potravin patří mezi velmi důležité parametry, neboť má vliv nejen na při výběru potraviny, surovin, přísad a zpracovaných produktů, ale rovněž nám může odhalit jakékoliv provozní závady.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této diplomové práce bylo:

- Provádět laboratorní měření na přístroji Konica Minolta CM-3500d a zjistit, zda je možné na základě měřených parametrů syrovátky vyhodnotit kvalitu vzniklé sýřeniny

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Lidské oko

Oko je velmi složitý párový orgán umožňující vnímání světla, barev a usnadňuje nám orientaci v prostoru okolního prostředí. Jeho párové uspořádání umožňuje prostorové vidění. Nedílnou součástí oka jsou i pomocné a ochranné orgány a k tomu příslušný cévní a nervový systém (Kvapílková, 2000).

Receptory zrakového smyslu jsou citlivé na elektromagnetické záření o frekvenci 380 - 750 nm, což je oblast viditelného spektra nazývaná světlo. Reaguje na fyzikální podněty v rozsahu elektromagnetického záření vnímáním světla a barvy (Ingr et al., 2007; Vik, 1995).

#### 3.1.1 Zpracování obrazu a vlastní proces vidění

Vjem barvy vzniká až analýzou určitých podnětů v našem mozku. Těmi podněty jsou signály z fotoreceptorů, které jsou stimulovány dopadajícím světlem. V oku existují čtyři druhy fotoreceptorů. Prvním z nich jsou fotoreceptory, zvané jako tyčinky, odpovědné za vnímání jasu při nízkých intenzitách osvětlení a v podstatě vidí pouze černobíle (Green a Macdonald, 2003).

Dále se v oku nachází tři druhy čípků citlivých na zelenou, červenou a modrou oblast viditelného záření. Čípky obsahují pigmenty, které nám umožňují vnímat všechny barvy, a jejichž kombinací se skládá barevný obraz:

- Chlorolabe – vnímající zelenou barvu,
- Erytrolabe – vnímající červenou barvu,
- Cyanolabe – vnímající modrou barvu (Kassin, 2007).

Při prvním pohledu na předmět, světlo dopadající na oko prochází nejprve rohovkou, následně duhovkou, která působí jako clona fotoaparátu vymežující množství světla vstupujícího do oka, dále čočkou, sklivcem a dopadá na žlutou skvrnu na sítnici, která je složena ze světločivých buněk nazývaných tyčinky a čípky (Jelínek a Zicháček, 1999).

Tyčinky jsou dostatečně citlivé, aby reagovaly na dopad jediného fotonu, jsou v lidském oku obsaženy v množství přibližně 130 milionů a jejich průměr je cca 0,005 nm. Nesou zodpovědnost za vidění při slabém osvětlení a obsahují barvivo rhodopsin, který vlivem dopadu světelných paprsků mění barvu (bledne) a vyvolává nervové vzruchy. Čípky jsou kratší a silnější než tyčinky, reagují na světlo vyšší intenzity a zajišťují lepší ostrost vidění než samotné tyčinky. Jejich barvivem je iodopsin, avšak ve třech typech různě citlivých ke světlu o různé vlnové délce. Není-li žádný z čípku aktivován, vnímáme barvu černou, naopak pro barvu bílou a šedou je třeba aktivace všech čípků ve stejném stupni. O tom, zda budeme vnímat bílou nebo šedou barvu pak rozhoduje intenzita světla (Ingr et al., 2007).

Při snížení intenzity světla, čípky přestanou být efektivní a oko začne používat oboje – tyčinky i čípky, které jsou na sítnici rozmístěny tak, aby se dosáhlo ve dne i v noci co nejlepší kombinace vidění (Silbernagl a Despopulos, 2004).

Oko je ve skutečnosti schopné u každého předmětu rozpoznávat tři charakteristiky: barevný tón (dominující odstín), světlost (jas, luminaci) a sytost barvy (chroma). Pomocí svalů se oko pohybuje tak, aby obraz předmětu, na který se soustředí pozornost, dopadl právě na toto místo (Buňka et al., 2010).

Předmět, na který je soustředěna pozornost, se čočkou lomí tak, že se na sítnici vytvoří skutečný, zmenšený a obrácený obraz předmětu, který se dostředivým nervem dostává do mozku vzruchy odpovídající obrácenému obrazu. Obraz je na sítnici převrácen a při zpracování v centrální nervové soustavě (CNS) dochází k jeho opětovnému obrácení, takže jej jsme schopni vnímat v poloze, ve které se ve skutečnosti nachází. Všechny získané signály se musí zpracovat. Zachycení obrazu a jeho převedení na nervové signály je pouze jen jednou z částí procesu vidění probíhající na sítnici (Buňka et al., 2010; Linc et al., 1977).

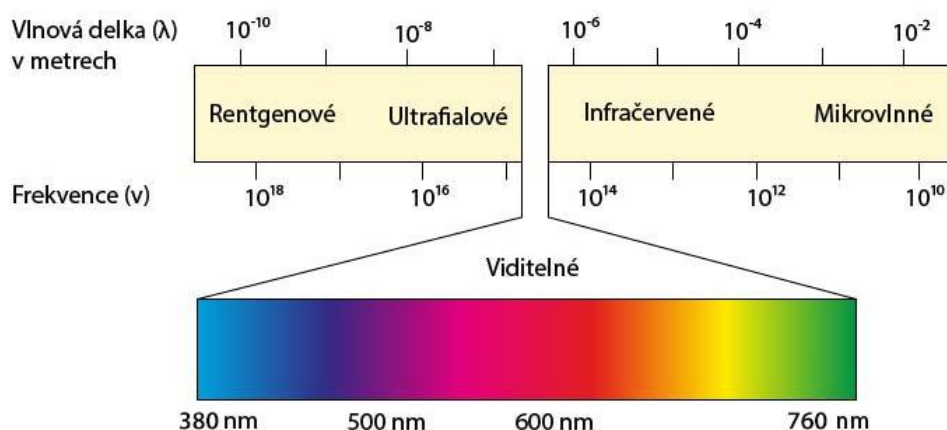
## 3.2 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické záření různých vlnových délek tvoří spektrum záření. Záření můžeme posuzovat dvěma způsoby: jednak z hlediska přenášení energie, nebo z hlediska zrakových vjemů, protože jedině (viditelné) světlo vyvolává vjem v lidském zraku (Honsoft, 2006).

Dle vlnových délek resp. frekvencí rozlišujeme několik druhů záření, jako jsou gama paprsky, paprsky X, ultrafialové, infračervené, mikrovlnné záření a rozhlasové a televizní vlny (Kohout, 2012).

Bylo známo, že elektromagnetické záření je vlna, která reaguje s povrchem objektu; povrch na základě svých vlastností záření pohltí nebo odrazí. K tomu, jak bude okolí reagovat na objekt je potřeba zjistit jaké má vlastnosti např. obsah pigmentů, texturu, pravidelnost atd. (Sahin a Summu, 2006; Rauner et al., 2005).

Newton zjistil, že bílé světlo je rozděleno na jednotlivé základní barvy a pás těchto barev nazval spektrem, kde popsal jejich pořadí – oblast červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, indigovou a fialovou. Těchto sedm základních oblastí si Newton vybral k popisu barev, i když mu bylo zřejmé, že existuje bezpočet dalších barev, které leží mezi nimi (Fraser et al., 2003).



Obr. 1: Světelné spektrum (<https://publi.cz/books/91/01.html>, 2016).

### 3.2.1 Vznik elektronového absorpčního spektra

Spektrum je závislost absorbance na vlnové délce v oblasti 200 – 800 nm. Pro účely srovnání spekter se používá závislost logaritmu molárního absorpčního koeficientu na vlnové délce.

Molekula se nachází za běžných podmínek na základní vibrační hladině a její elektrony nejsou excitovány. Absorpcí fotonů přijme energii, která vede k přechodu elektronu na excitovanou hladinu a molekula přejde na jednu z mnoha vibračních a rotačních hladin. Tak je možná absorpce fotonů o málo se lišících energiích a vytváření velmi blízkých absorpčních čar ve spektru, které splývají v pás (Klouada, 2003).

Barevné spektrum je lidským okem viditelná část spektra elektromagnetického záření o vlnových délkách 380 až 750 nm. Z fyzikálního hlediska se skládá ze sedmi duhových barev zvaných spektrální (Kohout, 2012).

### 3.2.2 Spektrální metody

Vědní disciplína zabývající se vznikem a vlastnostmi spekter se nazývá spektroskopie. Princip spektrálních metod spočívá v interakci elektromagnetického záření s částicemi hmoty, které mohou toto záření absorbovat, pak hovoříme o metodách absorpčních, nebo emitovat v případě metod emisních. Spektroskopické metody dále můžeme rozdělit podle toho, zda s elektromagnetickým zářením interagují atomy (atomová spektroskopie) nebo molekuly (molekulová spektroskopie) (Praus a Plachá, 2008; Behera et al., 2012).

V souvislosti s uvedenými metodami se často hovoří o spektrometrii, což je metoda optická, určující změny intenzity světla při průchodu vzorkem při charakteristické vlnové délce. V oblasti vlnových délek 380 – 750 nm se zabývá VIS spektrometrie (Vorlová et al., 2014; Čůta et al., 1986).

#### 3.2.2.1 VIS spektroskopie

Je analytická metoda, která je nejrozšířenější z instrumentálních technik, a řadíme ji mezi elektromagnetické spektroskopické metody (Novotná et al., 2011).

Barevnost sloučenin se projevuje právě v oblasti spektra VIS s vlnovými délkami v rozsahu 380 – 750 nm. V této oblasti spektra platí pravidlo, že látka má barvu odpovídající záření, které sama neabsorbuje (Praus a Plachá, 2008).

Látky absorbující záření s vlnovou délkou menší než 380 nm, se projevují jako bezbarvé; látky, které absorbují z bílého slunečního záření vlnové délky v rozsahu 380–750 nm se projevují jako barevné. Záření v oblasti s vlnovou délkou menší než 200 nm se označuje jako „vakuová ultrafialová oblast“ (Klouda, 2003).

### 3.2.2.2 *Využití VIS Spektroskopie*

VIS spektroskopie je často používána na studium barevných sloučenin. Barva látky je určena vlnovou délkou viditelného světla, které není absorbované (Milata a Segla, 2004).

Tyto spektra se využívají doplňkově k identifikaci neznámé organické látky a řeší strukturní otázky porovnáním změřeného průběhu spektra se známými spektry. Zjištění shody není dostatečné k učinění závěru o průkaznosti identifikace, protože spektra jsou jednoduchá a poskytují pro identifikaci látky omezené množství informací.

K určení koncentrace některých sloučenin využíváme měření absorbance. Obvykle pracujeme metodou kalibrační křivky. UV/VIS spektrometrie je využívána v průtočných celách detektorů různých separačních metod. Měření je prováděno buď při vhodné vlnové délce, nebo jsou snímána celá spektra v krátkých časových intervalech (Klouda, 2003).

## 3.3 Barva

Mezi velmi důležité parametry sensorického hodnocení kvality potravin patří hodnocení barvy (barevnosti). Výraz barva je pojmem velmi mnohoznačným a výklad tohoto slova může vést k nejasnostem. Jeho význam je nejčastěji spojován s psycho-senzorickým vnímáním, čili vjemem, který zprostředkovává lidské oko. Charakteristickou barvu předmětu dává světlo odražené či pohlcené předmětem. (Vik, 1995; Kadlec, 2015).

Dle definice Vospěla et al., (2008), je barva počitek, který je vyvoláván drážděním sítnice světelným zářením o různé vlnové délce nebo vlastnost výrobků vyvolávající počitek barvy.

### **3.3.1 Historie barvy**

Pro vyjadřování barev vynalezl americký výtvarník Albert H. Munsell v roce 1905 metodu využívající velkého množství barevných papírových proužků, které se seřadily dle odstínu, jasů a sytosti. S těmito proužky byl porovnáván vzorek dané barvy. Tento systém byl v pozdějších letech inovován a vytvořil se tzv. Munsellův systém, ve kterém je barva vyjádřena kombinací písmene a čísla definující odstín (H, ang. hue), jas (V, angl. value), a sytost (C, angl. chroma), které jsou získány vizuálním porovnáním dané barvy s Munsellovým barevným atlasem (Zollinger, 1999).

Ke sjednocení přístupů a charakterizaci výrazně přispěly dvě instituce: CIE (Commission internationale de l'éclairage, Mezinárodní komise pro osvětlování) a ICC (International Color Consortium, Mezinárodní konsorcium pro barvu, 1993) (Zmeškal et al., 2002).

### **3.3.2 Hodnocení barvy**

Při kontaktu záření o dané vlnové délce s povrchem potravin může dojít k jeho odrazu, průchodu nebo absorpci. Z fyzikálního hlediska je barva směsí záření o různých vlnových délkách, resp. jde o tu část spektra, která se nachází v oblasti viditelného záření, odraženého předmětem, jehož barvu posuzujeme okem pozorovatele.

Barvu potravin, resp. syrovátky a nejen jich můžeme hodnotit dvěma způsoby: subjektivně – pomocí vizuálního barevného vjemu, tzn. za pomoci sensorického hodnocení, nebo objektivně, kdy dochází k využití přístrojů založených na měření fyzikálních vlastností: absorbance (pohltivosti), reflektance (odrazivosti) nebo transmitance (částečný průstup světla způsobený průsvitností materiálu) (Šulcová, 2008; Čejka, 1983).

### 3.3.2.1 *Transmittance*

Jiným názvem také součinitel propustnosti. Je veličina, která udává kolik procent světla ze zdroje projde vzorkem na detektor. Můžeme říci, že se jedná o průchodnost vzorku. Světlo vstupuje do roztoku s určitou intenzitou, po jeho průchodu se však část jeho intenzity může ztratit čili absorbovat (Schanda, 2007).

Transmittance udává poměr mezi zářivým tokem prošlého prostředím k zářivému toku dopadající na prostředí absorbující. Nabývá hodnot od 0 do 1, respektive 0 až 100 %. Není-li světlo vzorkem pohlcováno je transmittance rovna 1, naproti tomu beze zbytku pohlceno, transmittance 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 transmittance se dává přednost měření kapalných nebo kašovitých vzorků, s výhodou analyzování i zakalené kapaliny, jako je např. mléko (Paré a Bélanger, 1997; Kadlec, 2015).

### 3.3.2.2 *Absorbance*

Látka absorbuje záření určité vlnové délky, je posuzována velikost a charakter této absorpce. Dle absorbovaného záření lze látku identifikovat, případně určovat její strukturu, a podle velikosti naměřené absorpce lze pak zjistit množství absorbující látky. Starším názvem extinkce „ $A$ “ - záporný dekadický logaritmus transmittance, využívající se z praktických a matematických důvodů, kdy  $A = -\log T$  a vidíme, že  $A$  může nabývat hodnot od 0, kdy vzorek neabsorbuje až po  $\infty$ , kdy vzorek všechno záření pohltí. Veličiny  $T$  a  $A$ , musí záviset i na délce optické dráhy  $l$  ve vzorku a také na koncentraci látky  $c$ . Tuto závislost popisuje Lambertův - Beerův zákon (Schanda, 2007).

Je-li absorpce záření nulová, je nulová i absorbance. S rostoucí absorpcí záření absorbance roste. Blíží-li se transmittance nule, blíží se absorbance nekonečnu. Pro praktické měření zpravidla mívají význam ty hodnoty, které nepřekračují jednotku (Klouta, 2003).



### 3.3.2.3 *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. 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 potažena materiálem, který by měl veškeré dopadající záření odrazit (Otha a Robertson, 2005).

### 3.3.3 **Subjektivní (vizuální) hodnocení barev**

Je nejjednodušší a nejpraktičtější specifikace barvy. Je dána porovnáním vzorku se standardy. Barevnost lze vizuálně hodnotit, tj. však ovlivněno subjektivními vlastnostmi hodnotitele (jeho zkušenostmi a akomodací oka). Atlasy barev, které obsahují několik set až tisíc standardů je třeba vytvořit, aby bylo možné nalézt dostatečný blízký standard pro zjištění jakéhokoliv barevného stanovovaného odstínu (Zollinger, 1999; Vik, 1995).

Hodnocení barvy tímto způsobem nezávisí jen na schopnostech pozorovatele, ale i na zdroji osvětlení a na chemických a fyzikálních vlastnostech zkoumaného objektu. Proto vizuální hodnocení nemůže poskytovat přesné hodnocení barvy, navíc má člověk na barvy pouze omezenou paměť, proto musí být pro tento účel stanoveny standardní podmínky, které odstraňují rušivé vlivy. Mezinárodními normami jsou určeny požadavky na vybavení místnosti, způsobu přípravy a předkládání vzorků (Šulcová, 2008; Vik 1995)

Tento primitivní způsob hodnocení byl postupně nahrazen objektivním měřením barvy kolorimetrem či spektrofotometrem a naměřené spektrum ve viditelné oblasti je transformováno do speciálně vytvořeného barevného prostoru, v našem případě  $L^*a^*b^*$  (Šulcová, 2008)

### 3.3.4 Objektivní měření barvy

K objektivnímu hodnocení se v praxi pro měření barvy používají instrumentální metody využívající spektrofotometry a kolorimetry pracující ve viditelné oblasti (Wang, 2003).

Reflexní spektrofotometry slouží pro běžné měření barvy, poskytují výsledky, které jsou blízké vizuálnímu vjemu. Měření zjišťuje poměr odraženého světla ke světlu dopadajícímu, a to v závislosti na vlnové délce v celém rozsahu viditelného světla. Řada spektrofotometrů může měřit již od 360 nm. Při konkrétní vlnové délce se uvedený poměr nazývá reflektance a za pomoci matematických rovnic se z hodnot pro celé spektrum vypočítávají veličiny systému CIEL\*a\*b\* (Wang, 2003).

Instrumentální měření barev vzájemně souvisí s vizuálním dojmem, ale nikdy nebude schopné dodat čísla, které by přesně odpovídaly vizuálnímu vjemu. Přesto se CIE pokusila standardizovat taková měření, při kterých se snažila přiblížit k tomu, jak vidíme materiály resp. potraviny my. Kolorimetrické výsledky mohou být tedy vodítkem pro dobrá rozhodnutí (Schanda, 2007).

#### 3.3.4.1 *Spektrofotometry*

Spektrofotometry jsou nástroje navržené pro měření přenosu světla přes kapalnou vzorky. Přístroje pracující ve viditelné oblasti spektra, používané k objektivnímu hodnocení barvy. Obvykle se pro měření jako zdroj používá denní světlo D65 a standardní úhel pozorovatele 10°. Přístroje měří ve viditelné oblasti spektra, kde přístroj transformuje reflektanci do soustavy CIELab tím, že integruje spektrum předmětu s funkcemi pozorovatele a se spektrálním zářením zdroje. Je možné pracovat s různými průměry clon, kde např. u spektrofotometru Minolta CM 3500d jsou clony k dispozici s průměrem 3mm, 8mm, nebo 30mm. Při výběru clony záleží na velikosti vzorku, jeho homogenitě nebo heterogenitě. Clony s průměrem 3 mm nebo 8 mm jsou používány pro měření i těch nejmenších vzorků. Reflektanci je možné měřit včetně rozptýlených složek, nebo i bez nich (Hunt, 2004; Nollet, 2004).

### 3.3.4.2 *Kolorimetry*

Nejstarší a nejjednodušší optickou metodou využívající jen viditelné oblasti spektra je kolorimetrie. Je naukou o vnímání barev, která vznikla k přesnějšimu vystihnutí citlivostí lidského oka (Brabec, 2002).

Lidské oko nedokáže barvu přesně kvantifikovat, proto za pomoci kolorimetru je hodnocení podstatně snadné. Kolorimetr vyjadřuje barvu číselně, a to dle mezinárodních standardů, kdy číselné vyjádření umožní každému z nás lépe pochopit, o jakou barvu se jedná. Protože kolorimetry mají citlivost, která odpovídá citlivosti lidského oka, měření se vždy provádí stejným světelným zdrojem a za stejných podmínek osvětlení (Konica Minolta, 2006).

Každá z těchto metod má své klady i zápory. Mezi výhody při subjektivním hodnocení patří jejich rychlost a nenáročnost na přístrojové vybavení, avšak reprodukovatelnost výsledků je nízká a možnost automatizace jsou omezené. U metod objektivních se v jejich prospěch uvádí lepší reprodukovatelnost výsledků, malá spotřeba vzorků a možnost automatizace analytického procesu. V některých případech je nutné vzorky před měřením upravovat, čímž dochází k prodloužení doby analýzy. Můžeme tedy říci, že to co je negativem pro metody subjektivní, je pozitivum u metod objektivních (Wang, 2003; Křepelová, 2014).

## 3.4 **Komise pro osvětlení (CIE)**

Při vytváření barevných obrazů, které by věrně zobrazovaly zaznamenané objekty, je třeba vycházet z fyzikální a chemické podstaty zařízení použitých při zobrazování. Vyjadřování a zaznamenávání barev je nutné takovým způsobem, který by byl nezávislý na individuálním vizuálním posudku a byl by použitelný a srovnatelný na všech možných pracovištích a laboratořích (Šulcová, 2008; Zmeškal, 2002).

Roku 1931 byla založena instituce pod názvem CIE, která byla zodpovědná za stanovení a udržování mezinárodních standardů, a byla rovněž odpovědí na poptávku po standardizaci modelů barev. Cílem CIE je vytvořit a průběžně aktualizovat systém, který umožňuje precizně popisovat barvy, jejich vlastnosti, popřípadě přímo specifikovat barevnost různých produktů (Schanda, 2007; Kohout, 2013).

Organizace nedefinovala pouze barevné prostory (např. CIELAB) a normy definující metodologii měření, ale rovněž stanovila vlastnosti osvětlení standardních zdrojů světla (např. D65) a vlastnosti standardního kolorimetrického pozorovatele (Zmeškal, 2002; Schanda, 2007).

### 3.4.1 Podmínky pozorování

V potravinářském průmyslu jsou barvy používány jako důležitý nástroj pro kontrolu kvality a jejich vzhled je ovlivněn rozdílnými podmínkami pozorování:

- vliv pozadí,
- vliv úhlu pohledu,
- vliv typu osvětlení,
- vliv osoby pozorovatele,
- vliv velikosti barevné plochy,
- vliv teplotních podmínek (Konica Minolta, 2006).

Objekt, v našem případě potraviny, resp. syrovátka umístěná před jasné pozadí se bude jevit tlumeněji, než potravina umístěná před pozadí tmavé. Tento způsob projevu je nazván jako tzv. kontrastní efekt, který je pro posuzování barvy nežádoucí.

Při změně úhlu pohledu může docházet k vnímání barev více světlého nebo tmavého odstínu. Barevné materiály mají v různých směrech odlišné vlastnosti. Úhel, pod kterým je objekt osvětlen a pozorován je důležitý a musí být pro přesnou komunikaci o barvě konstantní (Konica Minolta, 2006).

Další podmínka ovlivňující barvu potraviny je typ osvětlení, kdy potraviny osvětlené sluncem vypadají velice chutně, ale doma při zářivkovém osvětlení už tak vábně nevypadají. Můžeme tedy říci, že při různém typu osvětlení, např. na slunečním světle nebo při žárovkovém či zářivkovém osvětlení, bude potravina díky rozdílné teplotě chromatičnosti vypadat odlišně.

Jelikož u každého z nás se citlivost liší a vyskytují se malé odchylky v oblasti červené a modré, osoba pozorovatele má rovněž významný vliv. Naše vidění se obvykle mění s věkem, náladou, pohlavím, zdravotním stavem a zejména zkušenostmi, a vlivem těchto faktorů se tatáž barva může jevit rozdílně (Šulcová, 2008; Konica Minolta, 2006).

Člověk může vnímat odstíny pokrývající velké plochy jasněji a zářivěji, než tytéž barvy vyskytující se na plochách malých, proto i velikost barevné plochy je důležitou podmínkou pro vyjadřování barvy. Tento efekt je označován jako efekt plochy. Při výběru objektu velké barevné plochy na základě malých vzorků, mohou výsledky vést k omylu, a proto je důležité dodržovat konstantní podmínky pozorování.

Se změnou teploty vzorku můžeme často pozorovat také změnu barvy. Tento úkaz se nazývá termochemismus. Jestli chceme měřit přesně, musíme měřit se spektrofotometrem v místnosti, kde je stálá teplota a měření provádět až po určité době, kdy vzorky mají vyrovnanou teplotu s teplotou místnosti (Konica Minolta, 2006; Kohout, 2012).

### **3.4.2 Vyjadřování barev, jejich měření a ovlivnění**

Vnímání barvy je podmíněno přítomností objektu, zdrojem světla a receptoru pozorovatele. Lidské oko je schopno rozlišit přibližně 10 milionů barev, což je nad technické možnosti většiny technických zařízení. Vnímání barev je ovšem vysoce subjektivní a jak bylo naznačeno výše, liší se u konkrétních jedinců, mění se s věkem, závisí na pohlaví, vrozených dispozicích a mimochodem i okamžitým rozpoložením pozorovatele. Proto byly vyvinuty instrumentované systémy ke stanovení a měření barev – fotometry (spektrofotometry) a kolorimetry (Buchar, 2012).

Pozorujeme-li bílý předmět, který je osvětlený bílým světlem, oko zaznamenává bílou barvu předmětu. Dopadá-li na tentýž bílý předmět světlo červené, výsledný barevný vjem bude červený, bude-li na žlutý předmět dopadat světlo modré, pozorovatel uvidí předmět zelený. Z toho vyplývá, že výsledný barevný vjem závisí na zdroji osvětlení, vlastnostech pozorovaného předmětu a na schopnosti a citlivosti lidského oka (Kohout, 2012).

Nahradí-li se lidské oko přístrojem, který je schopný zaznamenat barvu, je nutné specifikovat základní fyzikální veličiny, které budou charakterizovat základní vlastnosti podmínek pozorování. Je třeba určit vlastnosti světelného zdroje, specifikovat standardní podmínky osvětlení a pozorování, normovat vlastnosti průměrného lidského oka, popsat výslednou barvu číselně a soustředit všechny barvy do jednotného barevného prostoru (Šulcová, 2008).

Obvykle se jako zdroj pro měření používá denní světlo D65 a standardní úhel pozorovatele  $10^\circ$ . Přístroje měří ve viditelné oblasti spektra (dle typu spektrofotometru je rozsah měření od 360 nm do 740 nm) po 10 nm. Přístroj transformuje reflektanci do soustavy CIELab tím, že integruje spektrum předmětu s funkcemi pozorovatele a se spektrálním zářením zdroje. Můžeme pracovat s různými průměry clon. Metoda je často používána na studium barevných sloučenin. Vlnovou délkou viditelného světla, které není absorbované se určuje barva látky (Milata a Segla, 2004).

### **3.4.3 Standardní pozorovatel**

Jedním ze základních úkolů pro určení standardů je nutné definovat parametry standardního pozorovatele. Lidé vnímají barvy různě, proto definice vlastností standardního pozorovatele vychází z výzkumu působení barev na “průměrného“ člověka. Rozeznáváme dva typy pozorovatelů  $2^\circ$  a  $10^\circ$ , které definovala CIE v roce 1931 a 1964, kdy dle úhlu vstupu paprsků do oka a tím i plochy sítnice, kterou barvu vnímá. Pozorovatelé dle CIE byli definováni pomocí tří funkcí, které jsou nazývány trichromatickými hodnotami  $x,y,z$  vyjadřující citlivost pozorovatele na kombinaci tří základních světél (Konica Minolta, 2006; Otha a Robertson, 2005).

#### **3.4.3.1 *Standardní pozorovatel $2^\circ$***

Byl definován v roce 1931 a je stále používán. Pozorovatel s  $2^\circ$  zorným polem vnímá barvu nejcitlivější částí oka, tzv. žlutou skvrnu. Dvoustupňový pozorovatel byl získán tak, že pozorovatelé měli za pomoci tří světél (červené, zelené a modré) namíchat takovou barvu, která by byla ve shodě s barvou monochromatického světla o určité vlnové délce. Experiment byl proveden tak, že obraz dopadal pouze na centrální část sítnice a uplatňovaly se při experimentu jenom čípky (Šulcová, 2008).

#### **3.4.3.2 *Standardní pozorovatel $10^\circ$***

Roku 1964 ze zasedání CIE vyplynula definice doplňkového standardního pozorovatele s  $10^\circ$  zorným polem, který vnímá barvu celou sítnicí, a která by měla být použita při jakémkoli pozorování se zorným polem větším než  $4^\circ$ . Skutečný rozdíl je velmi malý, zřídka kdy pozorovatelný, nicméně měřitelný. Obdobný experiment byl

i u desetistupňového pozorovatele, u kterého obraz dopadal na sítnici pozorovatelů i na oblast, kde už se vyskytovaly i tyčinky (Bunting, 1994; Konica Minolta, 2006).

### 3.4.4 Barevný prostor

Číselný popis barvy je významný, byl vyvíjen od roku 1931 CIE. Jako první byl uveden barevný prostor  $Yxy$ , který nebyl schopen přesného popisu barev a jeho vzdálenosti na osách  $x$ ,  $y$  barevného diagramu neodpovídaly vnímanému rozdílu. Proto byl v roce 1976 do praxe uveden barevný prostor  $L^*a^*b^*$ , který je v současné době celosvětově používán pro komunikaci o barvě (Nollet, 2004).

Barevný prostor je způsob, který nám umožňuje vyjádřit barvu objektu nebo světelného zdroje za pomoci zápisu číselných hodnot (Kuehni, 1996).

#### 3.4.4.1 *Barevný prostor $L^*a^*b^*$*

Označován jako CIELAB a je jedním z nejčastěji používaných barevných prostorů pro měření barvy objektu používajících v mnoha oborech. CIE je zkratkou Commission Internationale de l'Éclairage (Mezinárodní komise pro osvětlení).

Tento rovnoměrný barevný prostor byl definován v roce 1976 CIE, a byl vytvořený, aby se vypořádal s jedním z velkých problémů původního prostoru  $Yxy$ . (Šulcová, 2008; Konica Minolta, 2006).

Prostor  $L^*a^*b^*$  je charakterizován pravoúhlými osami, kde:

- Hodnota  $L^*$  označuje světlost (jas), je umístěna vertikálně a nabývá hodnot z intervalu 0% (černá) až 100% (bílá). Horizontální příčný řez modelem  $CIEL^*a^*b^*$  odhalí rovinu, která zobrazuje všechny hodnoty stejné světlosti.
- Hodnota  $a^*$  (červeno-zelená škála) je souřadnice barevnosti představující barevné směry. Udává vztah mezi červenou a zelenou barvou, kde kladná osa  $a^*$  je směr do červena a záporná osa  $a^*$  je směr do zelena.
- Hodnota  $b^*$  (žluto-modrá škála) je rovněž souřadnicí barevnosti představující barevné směry. Udává vztah mezi žlutou a modrou barvou, kde kladná osa  $b^*$  vyjadřuje směr do žluta a záporná osa  $b^*$  je směr do modra.

- Střed tohoto diagramu je achromatický, vyjádřen hodnotou 0. Jestliže se hodnoty  $a^*$ ,  $b^*$  zvyšují a bod se pohybuje od středu, sytost barvy je se zvyšuje. Viz. obr. č. 3. (Konica Minolta, 2006; HubterLab, 2012).

Mezi výhody tohoto modelu nepatří pouze jeho nezávislosti na zařízení, ale i jeho nejširší možný rozsah zaznamenaných barev a také naprosté oddělení jasové složky  $L^*$  od barevných složek  $a^*$ ,  $b$  (Janin, 2001).

Celková barevná diference umožňuje na základě číselného intervalu, ve kterém se pohybuje, vyjádřit shodu či neshodu mezi vzorkem a standardem. Diferenciace umožňuje řešit řadu praktických problémů, jako je např. shoda vzorku a standardu ve vybarvení či kontrolu stálosti vybarvení. V prostoru CIELAB lze vypočítat dle rovnice:

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \text{ (Šulcová, 2008).}$$

Rovnice vyjadřuje velikost barevného rozdílu ( $\Delta E$ ) mezi předlohou a vzorkem, ale identifikace povahy této diference není možná. Tuto dodatečnou informaci poskytuje rozdělení do tří složek, které můžeme vyjádřit v rámci prostoru LAB, kde je situace relativně jednoduchá, neboť pracujeme v soustavě pravoúhlých souřadnic:

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L_2^* \text{ (vzorku)} - L_1^* \text{ (předlohy)}, \\ \Delta a^* &= a_2^* \text{ (vzorku)} - a_1^* \text{ (předlohy)}, \\ \Delta b^* &= b_2^* \text{ (vzorku)} - b_1^* \text{ (předlohy)} \end{aligned}$$

Tato změna představuje uznávanou metodu hodnocení rozdílu barev. Pro orientaci byla sestavena stupnice, která udává stupně neshody dvou barev, viz tabulka č. 1 (Schanda, 2007; Vik, 1995).



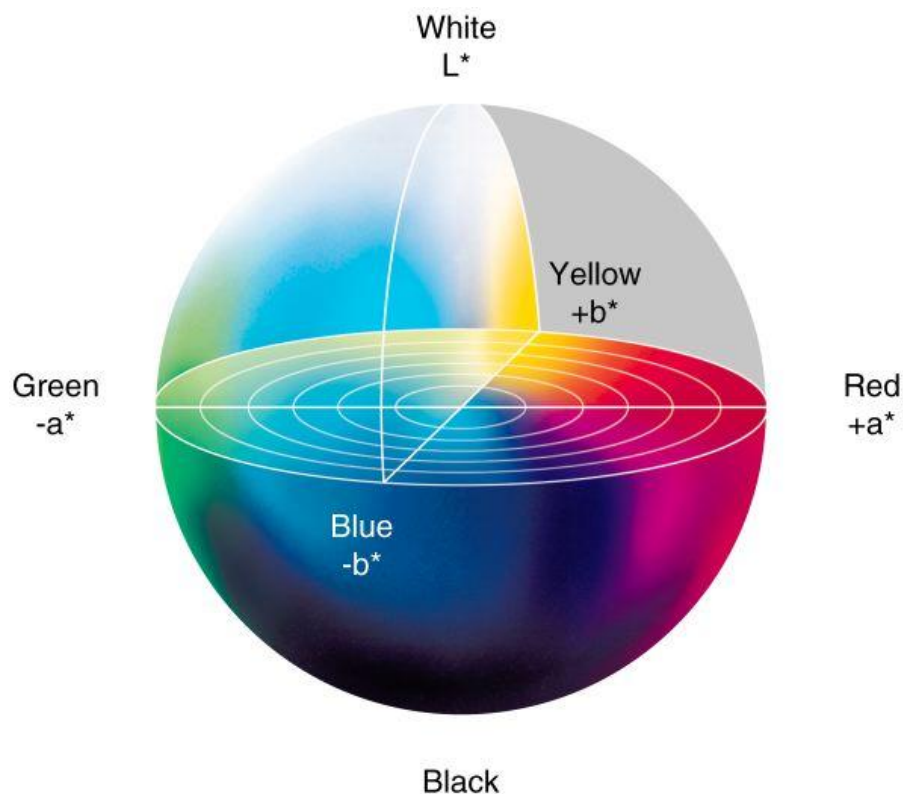
Tab. č.1: Rozdíl barev na základě celkové difference (Zmeškal et al., 2002)

$\Delta E^*$	Rozdíl barev	$\Delta E^*$	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		
Více než 16	rušící		

Výhodou prostoru  $L^*a^*b^*$  je současné umístění vzorku a standardního typu, přičemž lze mezi nimi vyjádřit číselnou barevnou diferencí. Ta umožňuje na základě číselného intervalu, ve kterém se pohybuje, vyjádřit shodu či neshodu mezi zkoumaným vzorkem a standardem. Celková hodnota barevné diference umožňuje řešit řadu praktických problémů, jako např. shoda vzorku a standardu ve vybarvení či kontrolu stálosti vybarvení (Šulcová, 2008).

V souvislosti s nejrůznějšími výrobky je barva považována za něco samozřejmého, a je zřejmé, že její kvalitu je nutné kontrolovat nejen ve výrobě, ale především v konečné expedici. K tomu se využívá objektivní měření barvy a její popis (viz. objektivní měření barvy).

Hodnota  $\Delta E$  odpovídá přijatelné toleranci. Obecně platí, že rozdíl barev  $\Delta E = 1$  je minimální hodnota, kterou je lidské oko schopné rozlišit. Statistické studie, které byly zpracovány naznačují, že rozdíl barev  $\Delta E$  6 nebo 7 je ještě považován za přijatelný u běžných tištěných materiálů (Kohout, 2013).



Obr. č.2: Příčný řez barevným prostorem CIE L\*a\*b\* (<http://tipyjakfotit.cz/foto-slovník/lab/>, 2016).

### 3.4.5 Standardní zdroje světla

Slunce je nejdůležitějším přírodním zdrojem elektromagnetického záření. Aby byly podmínky pozorování barvy kompletní, vždy je nutná specifikace zdroje světla, který osvětluje pozorovanou barevnou plochu. Roku 1931 CIE definovala 4 základní zdroje světla, aby se zamezilo používání nepřehledného množství různých zdrojů (Vik, 1995).

Byly stanoveny tři standardní osvětlení A, B a C, ke kterým se postupem času přidala sada osvětlení D, hypotetické osvětlení E a sada neoficiálních zářivkových osvětlení F. Uvedená osvětlení byla charakterizována jako žárovky reprodukcující světlo určité barevné teploty (Bunting, 1994; Nollet, 2004).

Barevné vlastnosti potravin jsou určeny spektrálním složením zdroje, spektrální odrazivostí nebo propustností a mají za následek změnu spektrálního složení záření

i změnu intenzity záření. Pro správné vnímání barev je vhodné uvažovat i o vlivu okolního osvětlení, které je charakterizováno svou barevnou teplotou.

#### 3.4.5.1 *Teplota chromatičnosti*

Pomocí barevné teploty je možný popis barvy, ale pouze u zdrojů vyzařující světlo, nikoliv u těles, které světlo odrážejí nebo propouštějí. Jednotkou teploty chromatičnosti je K (Kelvin, odpovídající přibližně +273,14 °C). Popis je striktně založen na modelu, který byl definován vědci jako tzv. absolutně černé těleso, které neodráží ani nepropouští žádné světlo. Absolutně černé těleso je takové, které pohlcuje při teplotě 0 K všechno dopadající záření. Rozložení vlnových délek, které jsou vyzařovány zahřátým absolutně černým tělesem při dané teplotě nám udává Planckův vyzařovací zákon. Při teplotě 2 000 K těleso září oranžově, při 4 800 K září jasně žlutě, barva bílá je vyzařována při 6 500 K (vlnové délky viditelného světla), při 9 300 K má světlo již výrazně modrý nádech. Jsou-li teploty ještě vyšší, světlo zůstává namodralé. Jak již bylo uvedeno, pro charakterizaci zdroje světelného záření se využívá Planckova zákona (Vik, 1995; Kohout, 2013).

#### 3.4.5.2 *Zdroje záření*

Pro správné vnímání barev je důležité uvažovat i o vlivu okolního osvětlení. Mezinárodní komise pro osvětlení CIE definovala několik standardizovaných zdrojů, kde každý ze světelných zdrojů je charakterizován parametrem spektrální intenzita vyzařování  $M_e(\lambda)$ . Tento parametr nám v podstatě vyjadřuje, jak který zdroj vyzařuje na které vlnové délce (Green a Macdonald, 2003).

Každý zdroj světla (různé druhy lamp) mají různou svítivost, a proto se klasifikují indexem podání barev CRI (color rendering index). Počítačová technika a její software je v dnešní době měření výhodou. Umožňuje měřit různými druhy lamp a díky programu přepočítává na správný CRI (Sýkora a Šustová, 2016).

Při měření barvy lze využít mnoha osvětlovacích režimů, pro denní osvětlení jsou to zdroje (D<sub>65</sub>/6504 K, D<sub>50</sub>/5003 K, C/6774 K), u nichž číslo určuje tzv. teplotu chromatičnosti. Uvedený parametr vyzařuje teplotu tělesa absolutně černého, u kterého spektrální intenzita vyzařování poskytne stejnou barevnost, jako spektrální intenzita

vyzařovaného zdroje daného zařízení. To vypovídá o tom, že zdroj  $D_{50}$  má takovou barevnost, jako absolutně černé těleso zahřáté na 5000 Kelvinu. Pro nás důležitý, avšak nejvíce rozšířený standardní osvětlovač  $D_{65}$  při kterém byly měřeny vzorky syrovátky. Zdroj záření  $D_{65}$  se nám bude zdát více bílý než zdroj záření  $D_{50}$ , což je způsobeno, že vyzařuje více v modré oblasti viditelného záření. Žárovka (A/2 856 K), nebo bílé světlo zářivek (F) jsou jinými zdroji, které jsou rovněž standardizovány (Hunt R. W. G., 1998; Schanda, 2007).

### **Zdroj A – žárovka**

Při pozorování barvy vyžadujeme, aby byly podmínky hodnocení kompletní, proto je vždy nutné specifikovat zdroj světla, který osvětluje pozorovanou barevnou plochu. Žárovka A, která byla použita při hodnocení vzorků sýřeniny a syrovátky má barevnou teplota 2 856 K a vyzařuje žlutooranžové světlo odpovídající umělému "žárovkovému" osvětlení. Standardní osvětlení A se používá obecně k simulaci osvětlení klasickými žárovkami (Kohout, 2013).

### **Zdroj záření $D_{65}$**

Standardní zdroj světla  $D_{65}$  odpovídá nepřímému difúznímu záření oblohy. Tento osvětlovač byl použit pro měření vzorků syrovátky. Jeho ekvivalentní teplota chromatičnosti je 6 504 K. Každý světelný zdroj vyzařuje ve viditelné oblasti na každé vlnové délce v různé intenzitě, a tedy i světlo různých zdrojů má odlišnou barevnost (Green a Macdonald, 2003; Sýkora a Šustová, 2016).

Uvedený zdroj je nejlepším napodobením světla, je to světlo xenonové výbojky, z něhož se vhodným filtrem odstraní nadbytek UV záření (Vik, 1995).

### **3.5 Mléko a mléčné produkty**

Pod pojmem mléko si můžeme představit pravý sekret mléčné žlázy samic savců, které slouží především k výživě mláďat do doby, než jsou schopna samostatné výživy a příjmu tuhé stravy. Mléko obsahuje cenné složky nezbytné pro přežití jedince, a díky látkám jako jsou vitamíny, minerální látky a protilátky je jedinec schopen vytvořit imunitní systém, který mu umožňuje následné přežití (Gajdůšek, 2003).

Mléko a mléčné výrobky tvoří významnou skupinu potravin živočišného původu mající vysokou výživovou hodnotu (Kopřiva, 2011).

#### **3.5.1 Mléko a jeho reakční látky při vzniku syrovátky**

##### **3.5.1.1 *Bílkoviny***

V kravském mléce jsou obsaženy v průměru 3,2 % z celkového obsahu a jsou zastoupeny dvěma základními druhy jimiž jsou albumin a kasein (Polák a Kačenák, 2003). Kasein je heterogenní skupinou fosfoproteinů, který má izoelektrický bod v hodnotě pH 4,6 a při teplotě 20 až 40 °C dochází k jeho srážení, zatímco syrovátkové bílkoviny zůstávají v roztoku (syrovátce) (Janštová, 2012).

Bílkoviny mléka ovlivňují jakost sýřeniny i rychlost jejího sýření. Vzhledem k času můžeme říci, že čím vyšší bude obsah bílkovin v mléce, tím kratší bude potřebný čas ke koagulaci mléka (Ikonen, 2000).

##### **3.5.1.2 *Soli***

Významně ovlivňují technologické vlastnosti mléka včetně jeho sýřitelnosti. Na procesu srážení se podílí  $\text{Ca}^{2+}$  ionty, které mají největší význam, dále citráty a fosfáty. Dojde-li ke snížení vápenatých iontů, prodlužuje se doba sýření k čemuž může dojít například pasterací.

### 3.5.1.3 *Vitamíny v syrovátce*

Převážně zastoupená skupina vitamínu B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>), kyselina pantotenová, vitamín C i A. Vitamín B<sub>2</sub>, jiným názvem riboflavin, který dává syrovátce žlutozelené zabarvení (fluorescenci) má v syrovátce největší zastoupení. Při výrobě sýrů přechází do syrovátky prakticky všechn riboflavin. Účinkem světelného záření dochází k jeho rozkladu, a proto světlu vystavená syrovátka již po několika hodinách ztrácí své původní zabarvení (Pešek, 1997).

## **4 MATERIÁL A METODIKA**

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda je možné spektrofotometrickými metodami prokázat kvalitu syrovátky v závislosti na barvě a jakosti sýřeniny. Všechny výsledky byly zpracovány pomocí programu Microsoft Excel 2010 s následným využitím statistického programu Statistica 10 za použití Duncanova testu.

### **4.1 Materiál**

Pro kontrolu stanovení jakosti sýřeniny a barvy syrovátky bylo použito syrové kravské mléko z brněnského automatu v období od dubna 2015 do ledna 2016. Celkem bylo odebráno 11 vzorků mléka a z každého následně připraveno 12 vzorků sýřenin.

### **4.2 Metody**

Kontrola kvality mléka probíhala na Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Před samotným měřením barvy syrovátky byla nejprve provedena základní laboratorní analýza mléka s hodnocením N-testu, obsahu sušiny, tuku, vápníku, laktózy, ale také měrné vodivosti a pH mléka. Následně bylo mléko zasýřeno a vzniklá sýřenina se hodnotila dle tab. č. 2. Barva syrovátky byla měřena na spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d, který se nachází rovněž na Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně.

#### **4.2.1 Základní rozbory mléka**

Zakoupené mléko bylo analyzováno v den nadojení. Mléko bylo vytemperováno na teplotu 40 °C a následně zchlazeno na 20 °C, pro rovnoměrnou disperzi mléčného tuku, kde jeho teplota byla měřena ponorným teploměrem.

##### **4.2.1.1 Stanovení N-testu**

Vzorek mléka (2ml) byl smíchán s reagens (reagenční roztok) o stejném množství a po jeho dokonalém promísení složek následně vyhodnocen dle vzniklé konzistence.

Zvýšený obsah buněčných elementů v mléce změni konzistenci v podobě viskózního gelu při smíchání vzorku mléka a reagentu. Mléko na začátku nebo na konci laktačního období může vykazovat podobnou reakci, stejně jako mléko od dojnice u které se změnilo složení krmné dávky. Výsledkem testu jsou hodnoty v rozmezí 0 – 4, kdy číslo 4 poukazuje na mléko o silně viskózní koncentraci (Šustová, 2005).

#### 4.2.1.2 *Stanovení obsahu sušiny*

Sušina výrobku je podíl, zbývající po vysušení vzorku při teplotě  $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  za podmínek metody. Vysušení se provádí za přídavku písku dle ČSN 57 0530.

#### 4.2.1.3 *Stanovení obsahu tuku*

Obsah tuku v mléce je podíl tuku, který se oddělí v butyrometru po rozpuštění fosfolipidového obalu tukových kuliček za působení kyseliny sírové (dle Gerbera) za podmínek metody. Obsah tuku odečtený v g na 100 ml mléka je následně nutno přepočítat na obsah tuku v g na 100 g mléka (ČSN 57 0530).

#### 4.2.1.4 *Stanovení obsahu vápníku*

Vzorek mléka (1 ml) byl napipetován do titrační baňky, a následně zředěn malým množstvím destilované vody. Po přídavku 5 ml roztoku 4 mol/l KOH byl obsah baňky doplněn destilovanou vodou na 50 ml. Dalším krokem bylo přidání indikátoru fluorexonu. Takto připravený vzorek byl titrován chelatonem III do vymizení žlutozelené fluorescence s přechodem barvy do světle růžové.

#### **Výpočet obsahu vápníku:**

$$x = V_1 \cdot 0,401 \cdot f$$

Obsah solí, zejména vápníku významně ovlivňuje produkci sýrů. Pro stanovení vápníku byla zvolena komplexotvorná titrace a výsledek je udáván v jednotkách g/l ČSN 57 0530.



#### 4.2.1.5 *Stanovení laktózy polarimetricky*

Obsah mléčného cukru se stanoví polarimetricky ve filtrátu získaném z mléka vyčerením za podmínek metody podle ČSN 57 0530.

#### 4.2.1.6 *Stanovení pH*

U mléka o teplotě 20 °C bylo pH měřeno skleněnou elektrodou, která byla vložena do vzorku. Číselný údaj po ustálení hodnoty byl odečten z displeje pH metru

Aktivní kyselost mléka se vyjadřuje jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů  $H^+$  dle ČSN 57 0530 .

#### 4.2.1.7 *Stanovení titrační kyselosti*

Titrační kyselost se vyjadřuje množstvím roztoku NaOH (0,25 mol/l) v ml, který je potřebný na neutralizaci 100 ml mléka za přídavku fenolftaleinu jako indikátoru. Rozmezí titrační kyselosti se u čerstvého syrového mléka pohybuje mezi 6,2 – 7,8 °SH.

Platí, že u mleziva a nakyslého mléka jsou hodnoty vyšší, mléko mastitidní má hodnoty nižší. Titrační kyselost pohybující se do 8 °SH podporuje proces sýření a je ovlivňována obsahem syrovátkových bílkovin, citráty, kaseinem, fosfáty aj. Je-li hodnota titrační kyselosti mimo tento rozsah, mléko není vhodné k výrobě sýrů ČSN 57 0530.

#### 4.2.1.8 *Stanovení měrné vodivosti*

Mléko se v elektrickém poli chová jako slabý elektrolyt, což je způsobeno rozpuštěnými a disociovanými soli. Elektrickou vodivost definujeme jako opačnou hodnotu odporu, na který narazí elektrický proud při průchodu roztokem. Vzorky mléka byly měřeny při teplotě 20 °C za pomoci Greisingerova elektronického konduktometru GLF 100 pro kapaliny se zabudovaným teplotním čidlem.

Hodnoty měrné vodivosti při teplotě 20 °C v rozmezí 0,38 - 0,45  $S.m^{-1}$  odpovídají mléku od zdravých dojníc. Zvýšení na hodnotu 0,6  $S.m^{-1}$  vypovídá o porušení mléka přídavkem mléka mastitidních dojníc (Janštová a Navrátilová, 2014).

#### **4.2.2 Přídavek syřidla**

Dalším, přesto nezbytným krokem pro stanovení jakosti sýřeniny a barvy syrovátky je zasýření mléka. Syřitelnost mléka je schopnost mléka poskytnout po přidání koagulačního prostředku sýřeninu, je to schopnost mléka reagovat s přidaným syřidlem a vytvářet tak gelovitou sraženinu. Obsah kaseinu a jeho jednotlivé frakce, velikost a stav kaseinových micel, obsah a formy vápníku a fosforu v mléce, jeho kyselost a teplota patří mezi faktory ovlivňující syřitelnost. Mezi negativní vlivy působící na syřitelnost mléka patří zejména špatná výživa dojnic, metabolické poruchy či záněty mléčné žlázy, ale rovněž z hlediska technologie je to teplota a doba skladování (Šustová a Sýkora, 2013; Janštová a Navrátilová, 2014).

#### **Postup měření:**

Vzorek mléka (100 ml) byl převeden do kádinky a následně vložen do termostatu vytemperovaného na 35 °C. Po dosažení uvedené teploty vzorku následovalo zasýření za pomoci syřidla LAKTOCHYM (Milcoma.s, Česká republika).

Prostřednictvím stopek byl měřen čas od prvního kontaktu mléka se syřidlem (1 ml) do tzv. vzniku první vločky. Vzorek byl přemístěn do termostatu na jednu hodinu, kde byl vytemperován na 35 °C. Následně se hodnotila sýřenina dle statě 4.2.3 a syrovátka spektrofotometricky dle statě 4.2.4.

#### **4.2.3 Stanovení jakosti sýřeniny**

Princip: po inkubaci zasýřeného mléka hodnotíme kvalitu vzniklé sýřeniny.

Provedení: mléko po zasýření necháme v termostatu při 35 °C po dobu 1h a posuzujeme jakost sýřeniny po vyklopení na Petriho misce a posuzujeme dle následující tab. č.2.

Tab. č.2: Hodnocení kvality sýřeniny (Gajdůšek, 1998).

Třída jakosti	Vzhled sýřeniny a syrovátky
I	Sýřenina je velmi dobrá, pevná, po vyklopení zachovává tvar.
	Syrovátka je čirá, žlutozelené barvy.
II	Sýřenina je dobrá, je poněkud méně pevná, méně dobře zachovává tvar.
	Vylučování syrovátky není dokonalé, je bělavé, nazelenalé barvy.
III	Sýřenina je špatná, je měkká, částečně nedrží pohromadě.
	Syrovátka je mlékovitě bílá.
IV	Sýřenina je velmi špatná, vůbec nedrží pohromadě.
	Syrovátka je mlékovitě bílá.
V	Nezřetelné nebo žádné vylučování kaseinu.

#### 4.2.4 Spektrofotometrické hodnocení barvy syrovátky

Barva syrovátky byla měřena na spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d. Přístroj je vybaven softwarem SpectraMagic verze 2.0, díky kterému byla získaná data analyzována. Vzorky pro hodnocení barvy syrovátky byly měřeny reflektancí ve skleněné kyvetě o velikosti 30 mm a parametru SCE (měření bez lesku). Všechna měření probíhala při osvětlení D65 a pod úhlem 10°.

Přístroj Konica Minolta byl nastaven na reflektanci, kdy se měřila světlost ( $L^*$ ) uvolněného sýrašského prachu (kaseinu). S horší kvalitou sýřeniny se uvolňuje více sýrašského prachu a zvyšuje se světlost.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Byla stanovena hypotéza, že v případě kvalitní sýřeniny se uvolní méně kaseinové bílkoviny ve formě sýrařského prachu do syrovátky.

Naproti tomu s horší kvalitou sýřeniny se bude do syrovátky uvolňovat více sýrařského prachu, a tím se bude zvyšovat světlost ( $L^*$ ) syrovátky.

### 5.1 Výsledky analýzy mléka

Výsledky laboratorních analýz použitých vzorků mléka jsou shrnuty v následující tabulce č. 3

Tab. č.3: Základní laboratorní analýza u vzorků mléka během měření.

	Čas koagulace (s)	Bílkovina (%)	Tuk (%)	Laktóza (%)	Vodivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	N-test	pH	SH	Ca (g/l)	Sušina (%)
Měření č. 1	146	3,26	3,6	4,71	1070	1	6,72	6,18	1,15	12,5183
Měření č. 2	177	3,27	3,4	4,53	1194	0	6,83	5,83	1,20	12,4918
Měření č. 3	94	3,29	2,53	5,09	1142	0	6,60	6,35	1,15	11,8060
Měření č. 4	144	3,28	3,1	5,09	960	1	6,71	7,8	1,20	12,1467
Měření č. 5	151	3,31	2	5,40	1029	0	6,65	6,24	1,10	11,0222
Měření č. 6	169	3,24	2,7	5,0	1158	0	6,58	6,51	1,15	11,9873
Měření č. 7	141	3,29	2,9	4,7	1298	0	6,50	6,67	1,31	12,2984
Měření č. 8	113	3,27	3,55	4,48	1376	1	6,65	6,61	1,25	12,5816
Měření č. 9	79	3,26	3,64	4,95	1186	1	6,57	7,80	1,40	12,6813
Měření č. 10	111	3,24	3,88	5,04	1177	1	6,71	8,90	1,25	13,0815
Měření č. 11	114	3,38	3,31	5,06	1284	1	6,63	6,80	1,27	12,5661
Průměr	130,8	3,28	3,15	4,91	1170	0,5	6,65	6,88	1,22	12,2892

Zdravotní stav mléka byl hodnocen N-testem, který pracuje na principu smíchání mléka s reagens rozpouštějící buněčnou stěnu somatických buněk. Při vyšším počtu

somatických buněk se uvolní více genetického materiálu do prostředí a mění viskozitu mléka na gel (především při zánětech mléčné žlázy) (Janzen, 1970).

Všechny vzorky mléka vykazovaly hodnoty pro kvalitní mléko, a to v pěti měřeních byl test vyhodnocen hodnotou 0 nejkvalitnější mléko a v 6 případech hodnotou 1. Stupnice pro hodnocení pro šest možností od 0 až 4 (Šustová, 2005; Ryšánek, 2007; Vibrac, 2016).

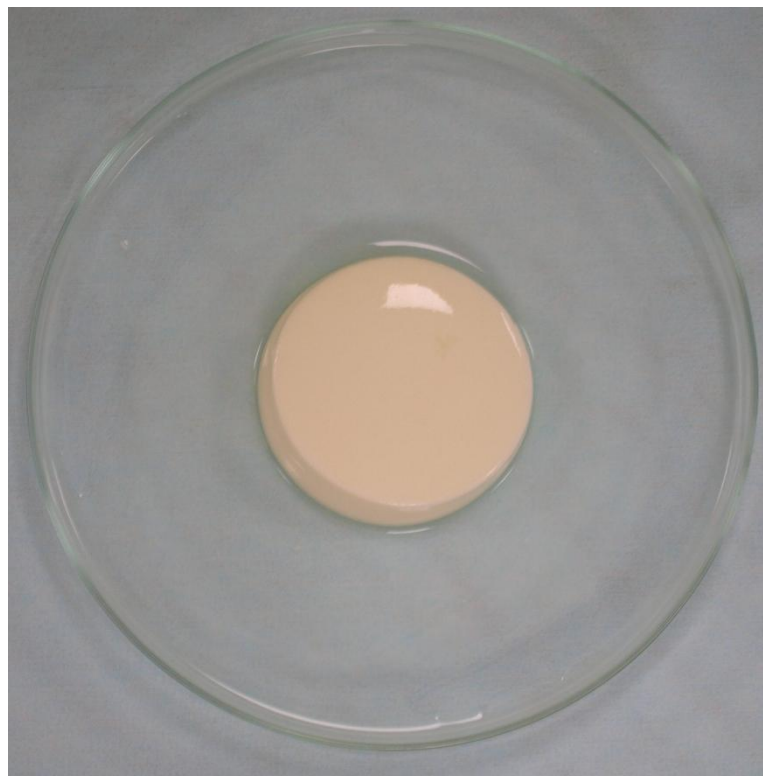
Bílkovina během celého měření neklesla pod hodnotu 3,24 %, což odpovídá průměrným hodnotám 3,20 %, které uvádí Gajdůšek (2003). Naproti tomu hodnoty tuku kolísaly v rozmezí 3,88 až 2,0 %. Obsah tuku byl nejvíce variabilní složkou během hodnocení mléka. Mléčný cukr je označován jako nejstabilnější složka mléka, v našem měření se pohyboval v rozmezí 4,53 až 5,40 %, tyto hodnoty odpovídají průměrným hodnotám pro mléko 4,7 % (Gajdůšek, 2003; Walstra et al., 2006).

Dle Foxe et al. (2000) se obsah vápníku v mléce pohybuje okolo 1200 mg/l mléka. Je-li obsah vápníku snížen, dochází k prodloužení doby sýření. Rozdílným zastoupení vápníku v mléce můžeme vysvětlit odlišnou dobu srážení mléka za působení stejného syřidla na vzorky mléka. Průměrné množství vápníku bylo 1220 mg/l, což odpovídá hodnotě udávané Foxem et al. (2000). Veškeré vzorky mléka obsahovaly vápník v rozmezí od 1100 až do 1400 mg/l mléka.

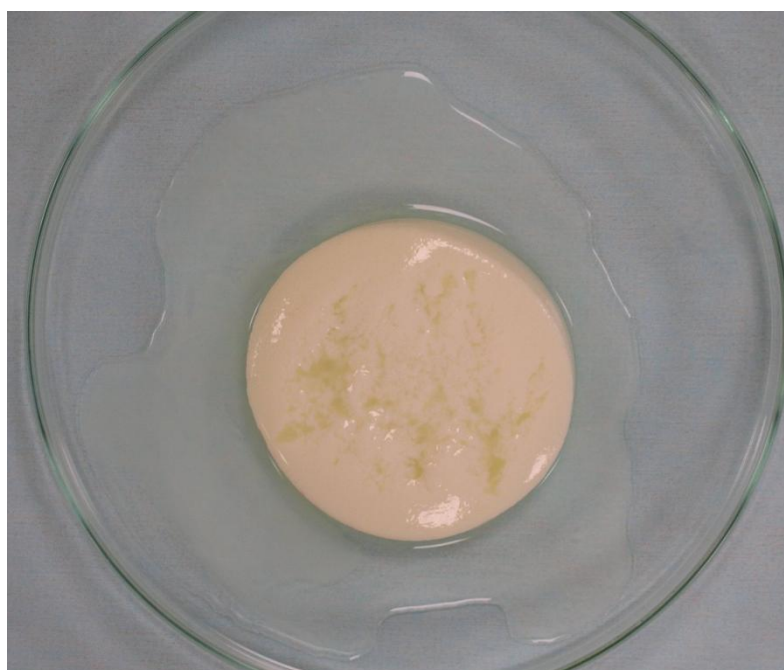
## **5.2 Výsledky analýzy sýřeniny**

Během vizuálního hodnocení jakosti sýřeniny jsme se setkali pouze se sýřeninou jakosti I., II. a III. třídy, které jsou patrné na obrázcích č. 3, 4 a 5.

Vzhledem k tomu, že kvalita syrového mléka je na českém trhu na velmi vysoké úrovni v počtu somatických buněk okolo 200 tisíc/ml a nízkém počtu CPM do 50 tisíc/ml (Kvapilík et al., 2015), nebylo možné dosáhnout sýřenin s kvalitou 3, 4 a 5. Nicméně u pár dílčích vzorků byly získány hodnoty kvality sýřeniny 3, ale v rámci souboru byly spíše výjimkou. Proto většina dat se vztahuje především ke kvalitě 1 a 2.



Obr. č. 3: *Vzhled sýřeniny jakostní třídy I (Vlastní tvorba)*



Obr. č. 4: *Vzhled sýřeniny jakostní třídy II (Vlastní tvorba)*



Obr. č. 5: *Vzhled sýřeniny jakostní třídy III (Valíčková, 2015)*

### 5.3 Výsledky měření barvy

Mléko bylo zasýřeno a vzniklá syrovátka byla na základě spektroskopického měření hodnocena na přístroji Konica Minolta 3500d systémem CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , což jsou hodnoty pro světlost a barevné koordináty. Syrovátka jako translucenční materiál by měla být měřena v transmittančním módu (Nollet, 2004), ale vzhledem k vlastnostem kaseinových micel bylo hodnocení syrovátky hodnoceno v módu reflektančním.

Vzhledem k tomu, že syrovátka (tekutina) není reflexním materiálem a tedy neodráží světlo, tak se jeví jako velmi tmavá – tedy hodnoty nižší než 20  $L^*$ .

Na druhou stranu, kaseinová bílkovina je pevná částice, která má bílou barvu a je reflexní (Nollet, 2004). Ze znalostí těchto dvou materiálů byl především hodnocen parametr  $L^*$ , který rostl se zhoršenou kvalitou sýřeniny.

V následujících tabulkách (4 - 14) jsou uvedeny hodnoty souborů pro jednotlivá měření.

Tab. č.4: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 1

	<b>Průměr</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Sm.odch.</b>	<b>Var.koef.</b>
<b>Kvalita sýřeniny</b>	2,00	1,00	3,00	0,71	35,36
<b>L*(D65)</b>	33,81	26,93	59,47	10,20	30,17
<b>a*(D65)</b>	-3,22	-3,61	-2,82	0,28	-8,62
<b>b*(D65)</b>	1,35	-0,53	5,95	2,13	158,33

Vzorek č. 1 nevykazuje žádné atypické hodnoty. Vzhledem k hodnotě světlosti 33,81 bychom mohli očekávat lepší kvalitu sýřeniny, než byla zjištěna průměrná hodnota 2.

Tab. č. 5: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 2

	<b>Průměr</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Sm.odch.</b>	<b>Var.koef.</b>
<b>Kvalita sýřeniny</b>	2,80	1,00	3,00	0,49	23,76
<b>L*(D65)</b>	33,96	27,26	57,21	7,93	23,36
<b>a*(D65)</b>	-3,29	-3,67	-2,94	0,24	-7,36
<b>b*(D65)</b>	0,88	-1,27	6,31	1,91	217,45

Co se týká vzorku č. 2, z naměřených hodnot je zřejmé, že se ze všech vzorků sýřil nejdéle, a to 177 s. Právě jeho vyšší doba sýření oproti průměru (130,8) viz. tab. č. 3 vedla k tomu, že byla naměřena nejhorší průměrná kvalita ze všech vzorků 2,80. Ostatní hodnoty, které vykazuje tento vzorek, nijak nevybočují z průměru (viz. tab. č. 3).



Tab. č.6: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 3

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	1,75	1,00	3,00	0,87	49,49
<b>L*(D65)</b>	26,77	23,71	33,09	2,85	10,63
<b>a*(D65)</b>	-2,87	-3,13	-2,71	0,14	-4,84
<b>b*(D65)</b>	-0,42	-0,78	0,20	0,31	-73,58

Vzorek č. 3 vykazuje jednu z nejnižších hodnot sušiny v naměřených vzorcích. Již na první pohled se však výrazně odchyľuje od průměru, co se týče světlosti, kterou má jako jediný ze vzorků pod hodnotou 30. I přes tyto odchylky má však tento vzorek poměrně dobrou kvalitu sýřeniny. Zároveň má tento vzorek jako jediný zápornou průměrnou hodnotu  $b^*$  (-0,42), tato hodnota se tedy přesouvá na ose od žluté barvy, kterou vykazovala většina vzorků k barvě modré.

Tab. č. 7: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 4

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita Sýřeniny</b>	2,08	1,00	3,00	0,79	38,06
<b>L*(D65)</b>	32,99	25,38	53,62	8,99	27,27
<b>a*(D65)</b>	-3,26	-3,83	-2,77	0,32	-9,88
<b>b*(D65)</b>	1,09	-0,75	5,72	2,16	198,16

Zaměříme-li se na vzorek č. 4, veškeré naměřené hodnoty v tabulce č. 4 nevybočují od ostatních hodnot měřených vzorků. Pokud se podíváme na hodnotu SH, tak většina naměřených vzorků se pohybuje kole průměrné hodnoty 6,88. Vzorek č. 4 však patří k několika výjimkám, jejichž SH se pohybuje o něco výše (viz. tab. č.3), konkrétně na hodnotě 7,8, což mohlo negativně ovlivnit dobu sýření. Kvalita u tohoto vzorku dosáhla hodnoty 2, tedy dobrou kvalitu sýřeniny, která má nižší pevnost a zároveň zachovává dobrý tvar.

Tab. č. 8: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 5

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	1,33	1,00	2,00	0,49	36,93
<b>L*(D65)</b>	35,56	27,25	42,79	4,99	14,02
<b>a*(D65)</b>	-3,38	-3,78	-2,97	0,26	-7,64
<b>b*(D65)</b>	0,83	-0,55	2,88	1,06	126,83

Velmi zajímavý se jeví vzorek č. 5 (viz. tab. č. 8), který má v rámci souboru jednu z nejvyšších kvalit sýřeniny (1,33) a při tom hodnoty světlosti jsou poměrně vysoké (35,56) při srovnání s podobnými kvalitami sýřeniny. Na druhou stranu, tento vzorek měl nejnižší obsah tuku během všech měření, a to 2,0 % což mohlo mít vliv na tvorbu sýřeniny.

Tab. č. 9: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 6

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita</b>	1,42	1,00	2,00	0,51	36,35
<b>L*(D65)</b>	33,64	26,91	46,41	4,86	14,44
<b>a*(D65)</b>	-3,28	-3,86	-2,72	0,26	-8,06
<b>b*(D65)</b>	0,13	-1,27	2,71	1,03	766,27

Sýřenina u vzorku č. 6 (viz. tab. 9) měla srovnatelnou kvalitu se vzorkem č. 5 (viz. tab. 8). V případě vzorku 6 je světlost na úrovni 33,64  $L^*$  a koresponduje také se vzorkem č. 5. Obsahové složky byly v obou případech podobné, avšak horších výsledků dosáhl vzorek 5 (viz tab. 4).

Tab. č. 10: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 7

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	2,00	1,00	3,00	0,77	38,73
<b>L*(D65)</b>	40,16	28,18	58,76	9,82	24,45
<b>a*(D65)</b>	-3,45	-3,71	-3,08	0,20	-5,79
<b>b*(D65)</b>	1,46	-0,56	3,69	1,37	93,69

Při spektrofotometrickém hodnocení vzorku č. 7 (tab. 10) se předpoklad teorie o zvýšení světlosti potvrdil. U hodnot kvality sýřeniny u vzorků 5 a 6 se kvalita pohybovala do 1,5 a světlost byla průměrně do 35. V případě vzorku č. 7 se ze zhoršené sýřeniny měnila i kvalita syrovátky a hodnoty  $L^*$  se v průměru pohybovali na hodnotě 40,16.

Tab. č. 11: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 8

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	2,17	1,00	3,00	0,72	33,13
<b>L*(D65)</b>	40,77	36,67	45,22	2,83	6,94
<b>a*(D65)</b>	-3,47	-3,76	-2,88	0,25	-7,25
<b>b*(D65)</b>	2,55	0,15	3,70	1,15	44,93

Vzorek č. 8 vykazuje nejnižší hodnotu laktózy 4,48 % ze všech vzorků, která ovšem neklesla pod průměrnou hodnotu 4,91 % (viz. tab. č. 3).

Dle Audice et al. (2003) průměrná koncentrace laktózy se v mléce pohybuje kolem 4,8 %.

Tab. č. 12: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 9

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	1,75	1,00	3,00	0,75	43,07
<b>L*(D65)</b>	31,63	26,46	43,62	4,95	15,65
<b>a*(D65)</b>	-2,82	-3,33	-2,36	0,35	-12,55
<b>b*(D65)</b>	0,19	-1,44	4,30	1,56	841,13

U vzorku č. 9, na první pohled je viditelná atypičnost hodnoty koagulace (tab.3) Ta dosáhla u tohoto vzorku 79 sekund, přičemž pokud ji srovnáme s její nejvyšší hodnotou naměřenou u vzorku č. 2, pak je její hodnota více než dvojnásobně nižší. Jako jeden z mála má rovněž vyšší hodnotu SH, konkrétně 7,8, tedy stejně jako vzorek č. 4. (viz. tab. č. 3).

Tab. č. 13: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 10

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	1,67	1,00	3,00	0,65	39,08
<b>L*(D65)</b>	33,98	25,19	47,19	8,51	25,03
<b>a*(D65)</b>	-2,77	-3,43	-2,34	0,36	-12,97
<b>b*(D65)</b>	0,70	-1,46	4,52	2,02	287,81

Ve vzorku č. 10 nalezneme asi nejvíce atypických hodnot oproti ostatním měřeným vzorkům. Jeho hodnota sušiny, obsahu tuku i pH je totiž nejvyšší ze všech naměřených hodnot a to s výjimkou obsahu tuku poměrně výrazně. Jeho SH se pohybuje až na hodnotě 8,9 a obsah sušiny přes 13%. Hodnota tuku ostatní vzorky výrazně nepřevyšuje. Světlost u vzorku 10 koresponduje s hypotézou, že sýřenina do kvality 2 se pohybuje do 35 \*L.

Tab. č. 14: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 11

	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.	Var.koef.
<b>Kvalita sýřeniny</b>	2,19	2,00	3,00	0,40	18,43
<b>L*(D65)</b>	38,92	29,01	51,36	5,71	14,68
<b>a*(D65)</b>	-3,34	-3,76	-2,40	0,36	-10,73
<b>b*(D65)</b>	1,36	-1,66	4,44	1,55	113,98

Při posledním měření vzorku (11) viz. tab. 14, mléko vykazovalo horší kvalitu sýřeniny, resp. největší frekvence kvality byla na hodnotě 2. Světlost se opět v průměru pohybovala 38,92  $L^*$ . Z celkového empirického hodnocení sýřeniny, by hodnota světlosti mohla doplnit měření, protože relativně dobře koresponduje s kvalitou sýřeniny.

## 5.4 Výsledky barevných parametrů ve vztahu k jakosti sýřeniny

### 5.4.1 Korelace mezi kvalitou sýřeniny a světlostí ( $L^*$ )

Statisticky byl porovnán vliv kvality vzniklé sýřeniny na barevných parametrech uvolněné syrovátky. Při porovnání světlosti  $L^*$  (tab. 15) byl statisticky průkazný rozdíl mezi kvalitou syrovátky různých tříd jakosti sýřeniny na hladině pravděpodobnosti  $p = 0,05$ , resp.  $p = 0,01$ . Z těchto statisticky významných výsledků lze usuzovat, že pro měření kvality sýřeniny, resp. syrovátky se může využívat pro hodnocení systémem CIE v parametru  $L^*$ .

Tab. č.15: Statistické porovnání světlosti ( $L^*$ ) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,2137$ ,  $p = 0,0000$ )

Kvalita	{1} (30,239)	{2} (35,780)	{3} (40,538)
1		0,000454	0,000011
2	0,000454		0,002587
3	0,000011	0,002587	

#### 5.4.2 Korelace mezi kvalitou sýřeniny a souřadnicí barevnosti (a\*)

Při statistickém porovnání kvality sýřeniny na hodnotu a\* bylo zjištěno, že je statisticky průkazný rozdíl mezi syrovátkou uvolněnou ze sýřeniny jakosti 1 a 2, kdežto rozdíl mezi sýřeninou jakosti 2 a 3 není statisticky průkazný (tab. 16).

Tab. č. 16: Statistické porovnání červeno-zelené škály (a\*) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,0889$ ,  $p = 0,0003$ )

Kvalita	{1} (-3,008)	{2} (-3,285)	{3} (-3,280)
1		0,000562	0,000483
2	0,000562		0,953044
3	0,000483	0,953044	

#### 5.4.3 Korelace mezi kvalitou sýřeniny a souřadnicí barevnosti (b\*)

Stejně tak jako u parametru L\* je i u parametru b\* statisticky průkazný rozdíl mezi kvalitou syrovátky  $p = 0,01$  (tab. 17). I přestože by výsledky u hodnot a\* a b\* mohly být uspokojivé z hlediska statistické průkaznosti. Vzhledem k nízkým hodnotám pohybujících se kolem achromatického středu barevné koule, tedy hodnot blízkých nule. Z tohoto důvodu nelze využít barevných koordinátů a\* a b\* jako faktorů pro hodnocení jakosti sýřeniny. V některých případech lze přepočítat hodnoty a\* a b\* do jiného systému CIE tzv. CIEL\* C\* h\*, ale ani při přepočtu do tohoto systému nebyly tyto hodnoty vhodné pro hodnocení jakosti sýřeniny.

Tab. č. 17: Statistické porovnání žluto-modré škály (b\*) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,2260$ ,  $p = 0,0000$ )

Duncanův test; proměnná b*(D65)			
Kvalita	{1} (-,1389)	{2} (1,0600)	{3} (2,3872)
1		0,000276	0,000011
2	0,000276		0,000063
3	0,000011	0,000063	

Na dobrou syřitelnost dle Příbyly a Čejny (2006) má vliv krátký čas koagulace. Čas koagulace mléka jde ovlivnit dle Nájera et al. (2003) teplotou sýření, pH mléka a obsahem  $\text{CaCl}_2$ .

Dle výsledků je obsah vápníku v rozmezí 1100 – 1400 mg/l mléka. Obsah vápníku neměl vliv na barvu uvolněné syrovátky ( $R^2 = 0,0068$ ;  $p = 0,3327$ ). Stejně tak na světlost syrovátky neměl vliv obsah bílkovin ( $R^2 = 0,0116$ ;  $p = 0,2054$ ). Světlost syrovátky neovlivnily ani hodnoty pH ( $R^2 = 0,0085$ ;  $p = 0,2779$ ) a titrační kyselosti ( $R^2 = 0,0028$ ;  $p = 0,5332$ ) mléka použitého při sýření.

Na světlost syrovátky měly vliv pouze tři faktory, a to sušina mléka ( $R^2 = 0,0564$ ;  $p = 0,0047$ ), obsah tuku ( $R^2 = 0,0730$ ;  $p = 0,0012$ ) a obsah laktosy ( $R^2 = 0,0888$ ;  $p = 0,0003$ ). Na základě získaných výsledků  $L^*$  je možné posuzovat kvalitu sýřeniny, kdy  $L^*$  syrovátky je statisticky rozdílné mezi jakostmi vzniklé sýřeniny ( $R^2 = 0,2137$ ;  $p = 0,0000$ ) a může sloužit jako jeden z hodnotících parametrů.

Získané výsledky není možné srovnat s jinými autorskými pracemi, touto problematikou se doposud nikdo nezabýval.

## 6 ZÁVĚR

Kvalita mléka na českém trhu je velmi vysoká, a proto nebylo během měření zachyceno mléko o horší schopnosti se srážet, která by rozšířila škálu výsledných kvalit. Nejčtenější kvality byly naměřeny 1 a 2, občas se vyskytla kvalita 3, ale po celou dobu během měření nebyla zaznamenána horší kvalita mléka a tudíž ani horší sýřeniny hodnot 3 až 4, nebo dokonce 5 (mléko se téměř nevysráží).

Měření světlosti (parametr  $L^*$ ) v systému CIELAB je poměrně časově nenáročné a naměřené výsledky jsou reprodukovatelné, proto mohou sloužit jako jeden z několika významných faktorů, které popisují kvalitu sýřeniny.

Významnou schopností mléka je přeměna z tekutého stavu, kdy máme v séru rozpuštěn tuk, bílkoviny, laktózu a soli mléka, na pevnou látku – sýřeninu s uvolňující se syrovátkou. Z hlediska barevné charakteristiky mléka se jedná o bílou tekutinu, kdy kaseinové micely a tuk odráží většinu světla, a proto má mléko vysoké  $L^*$  nad hodnotu 90.

Po vysrážení mléka na sýřeninu vznikají dvě frakce pevná sýřenina, která je stále bílá a tekutá syrovátka, která má opalescenci do zelena. Podle vlastností mléka jako jsou obsah bílkovin, tuku, laktózy, vápníku, počtu somatických buněk, celkového počtu mikroorganismů, nebo pH/SH se mění schopnost mléka se srážet syřidlem.

Pro kvalitu sýřeniny se používají empirická hodnocení jako je vizuální pozorování sýřeniny a její syrovátky, nebo pohmatem ruky a sýrařského nože. Byly optimalizovány metody na hodnocení rychlosti srážení bílkoviny a vytvoření gelu například metodou s využitím přístroje formagraf, nebo různé optické metody využívající záření NIR a další metody. Vzhledem k tomu, že metoda hodnocení sýřeniny a syrovátky je poměrně jednoduchá, ale je závislá na lidském hodnocení, může být ovlivněna hodnotitelem.

Na druhou stranu na základě vlastností tvorby sýřeniny a následném uvolňování syrovátky, která může být zakalena tzv. sýrařským prachem, což jsou části kaseinu, které se nespojily se sýřeninou. Hodnocení kvality sýřeniny a čirosti syrovátky bylo předmětem zkoumání, zda uvolněný sýrařský prach bude mít vliv na parametr světlost ( $L^*$ ) a barevné parametry  $a^*$  a  $b^*$  v systému CIELAB.

Před spektrofotometrickým hodnocením mléko bylo podrobena chemickým analýzám a bylo zjištěno, že kvalitu sýřeniny v tomto měření neovlivňovali dle statistického hodnocení následující parametry: obsah bílkovin, obsah vápníku, titrační



a aktivní kyselost, čas koagulace a vodivost. Na hladině statisticky významné ( $p = 0,05$ ) byla kvalita sýřeniny a čirosti syrovátky ovlivněna těmito faktory: tuk, laktóza a sušina. Vzhledem k poměrně kvalitnímu mléku bylo zpravidla dosaženo kvalitních sýřenin s hodnotou 1, resp. 2. Sýřeniny s nejhorší kvalitou 3 byly pouze ve výjimečných případech.

Pro spektrofotometrické vyhodnocení sýřeniny nevyhovovaly barevné koordináty  $a^*$  a  $b^*$ , i přestože ve většině případů statistického porovnávání byly průkazné na hladině průkaznosti  $p = 0,05$ . Vlastní hodnoty  $a^*$  a  $b^*$  se pohybovaly v oblasti achromatického středu barevného systému CIELAB a tím pádem nejsou vhodné pro další hodnocení kvality syrovátky, resp. sýřeniny.

U parametru  $L^*$  (světlost) byl dle statistického měření zjištěn velmi průkazný rozdíl v jednotlivých skupinách (kvalitách) na hladině významnosti  $p = 0,01$ . Ze statistického hodnocení vyplývá, že korelace mezi hodnotami  $L^*$  a kvalitou mohou sloužit jako další charakteristický parametr při hodnocení jakosti sýřeniny.

Uvedené výsledky jsou prvními výsledky, kterými se někdo v této oblasti zabýval, a proto není možné je porovnat s jinými autorskými pracemi.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AUDIC, J. L., CHAUFER, B., DAUFIN, G.: Non-food applications mikl components and dairy coproducts. A revie. Lait, 2003, 83:417- 438, ISSN: 0023-7302

BEHERA S., GHANTY S., AHMAD S., SANTRA S., BANERJEE S., 2012: *UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assayof Paracetamol Tablet Formulation*. IN: Analytical&BioanalyticalTechniques, India. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.omicsonline.org/uv-visible-spectrophotometric-method-development-and-validation-of-assay-of-paracetamol-tablet-formulation-2155-9872.1000151.pdf>.

BRABEC S., *Grafika v UNIXu – Úvod do teorie barev* [online] 2002: [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/uvod-do-teorie-barev/>

BUCHAR J. *Optické vlastnosti potravin*. [online]. 2012 [cit. 2016-04-09].Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/opticke-vlastnosti-potravin>

BUNTING F. a kol. 1994: *Colortron: User Manual*. Light Source ComputerImages, Inc., Larkspur (California,USA).

BUŇKA F., et al., 2010: *Senzorická analýza potravin I. 2. Vyd.* Zlín: UTB, 157 s., ISBN 978-80-7318-887-0

ČEJKA P., 1983: *Porovnání subjektivních a objektivních metod měření barvy sladiny*. Kvasný průmysl. 29 (2): 52-56. ISSN 0023-5830.

ČEJNA V., PŘIBYLA L., 2006: *Porovnání vizuální a nefelo-turbidimetrické metody pro měření syřitelnosti mléka*. In: *Den mléka 2006*, 110-111 s. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 172 s., ISBN: 80-213-14898-2

ČSN 570530 (570530) *Metody zkoušení mléka a tekutých mléčných výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 1974, 108 s.

ČŮTA F. et al., 1986: *Instrumentální analýza*, Praha: SNTL, 295 s.

FRASER B. et al., *Správa barev: průvodce profesionála v grafice a pre-presu*. ComputerPress, Brno 2003.

GAJDŮŠEK S., 1998: *Mlékařství II*. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 197 s., ISBN 80-7157-342-6

GAJDŮŠEK S., 2003: *Laktologie*. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 197 s., ISBN 8071576573.

GREEN P., MACDONALD L., 2003: *Colour engineering: achieving device independent colour*. Rerpinted with corrections. Chichester: Wiley, ISBN 04-714-8688-4.

HONSOFT, 2006: *Elektromagnetické spektrum*. In: Poznámky a a ilustrace [online]. Praha. [vid. 17.3.2016] Dostupné z: <http://jan.gfxs.cz/studium/files/optika/spektrum.pdf>

HUNT R. W. G., 2004: *The production of Colour*. John Wiley&Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB).

*Hunter L, a, b vs. CIE L\*, a\*, b\*: Measuring color using Hunter l, a, b versus CIE 1976 l\*, a\*, b\** [online]. HunterLab, 2012 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <file:///C:/Users/PC1/Videos/Downloads/an-1005-de.pdf>

IKONENT., 2000: *Possibilities of genetic improvement of milk coagulation properties of dairy cows*. [online]. In: *Academic dissertation*, Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, 35 s. [vid. 24.4.2016]. Dostupné z: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/ikonen/possibil.pdf>

FOX P., GUINEE T., COGAN T., McSWEENEY P., 2000: *Fundamentals of cheese science*. USA: An Aspen Publication, 587 s., ISBN 0834212609.

INGR I., et al., 2007: *Senzorická analýza potravin*. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 2.vydání nezměněné, 201 s. ISBN 978-80-7375-032-9.

JANIN, G., et al. 2001: *Aesthetic sappriciation of wood colour and patterns by colorimetry*. Part 1. Colorimetry theory forthe CIELAB systém. *Maderas. Ciencia y tecnología* 3, s. 3 - 13.

JANŠTOVÁ B., 2012: *Technologie mléka a mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 141 s., ISBN 978-80-7305-635-3.

JANŠTOVÁ B., NAVRÁTILOVÁ P., 2014: *Produkce mléka a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 108 s., ISBN 978-80-7305-713-8

JANZEN J .J, 1970: *Economic losses resultingfrom mastitis*. Journal of dairy science, 53 (9), 1151-1160 s.

JELÍNEK J., ZICHÁČEK V., 1999: *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 3. doplněné a opravené vydání, 551 s. ISBN 80-7182-070-9.

KADLEC, P.: *Měření barvy potravin*. IN: KADLEC K., KMÍNEK M., KADLEC, P. 2015: *Technologie potravin – Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výroách*. Ostrava: Key Publishing, 824 s. ISBN 978-80-7418-232-7.

KASSIN S., 2007: *Psychologie*. Brno: Computer Press, 726 s. ISBN 978-80-251-1716-3

KLIMEŠOVÁ R., 2009: *Kolorimetrické hodnocení barvy drůbežích šunek*. Brno: MZLU, Diplomová práce, 76 s.

KLOUDA P., 2003 *Moderní analytické metody*. 2., uprav. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.

KOHOUT V., 2012: *Historie a elementární základy teorie barev I: Školská fyzika*, 4, 11 – 16 s. ISSN 2336-2774 [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [http://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012\\_04\\_3.pdf](http://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012_04_3.pdf)

KOHOUT V., 2013: *Historie a elementární základy teorie barev III.: Školská fyzika*, 2, 41 – 48 s. ISSN 2336-2774 [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013\\_02.pdf](http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_02.pdf)

KOPŘIVA V., 2011: Mléko a mlezivo - hlavní rozdíly a nutriční význam mléka ve výživě. [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY\\_04\\_07.pdf](http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY_04_07.pdf)

KŘEPELOVÁ S., 2014: *Vývoj rychlé metody pro stanovení barvy speciálních sladů*. Brno: MZLU, Diplomová práce, 77 s.

KVAPILÍK J., RŮŽIČKA Z., BUCEK P. 2015: Chov skotu v České republice, Ročenka ČMSCH 2014, dostupné z: <http://www.cmsch.cz/store/rocenka-chovu-skotu-2014.pdf>, 112 s.

KVAPILÍKOVÁ K., 2000: *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 206 s. ISBN 80-7013-313-9.

KUEHNI, R. G., 1996: *Color: An Introduction to Practice and Principles*. New York: John Wiley and Sons, 186 s. ISBN 0-471-14566-1.

LINC R., et al., 1977: *Biologie člověka*. Praha: SPN, 320 s.

MILATA V., SEGLA P., 2004: *Spektrální metody v chemii*, Edícia vysokoškolských učebnic, ISBN 8022720496

NÁJERA, A. I., DE RENOBLES, M., BARRON, L. J. R. 2003. Effects of pH, temperature, CaCl<sub>2</sub> and enzyme concentrations on the rennet-clotting properties of milk: a multifactorial study. *Food Chemistry*, vol. 80, no. 3, p. 345-352.

NOLLET L. M., 2004: *Handbook of food analysis*. 2nd ed., New York: Marcel Dekker, 877 s. ISBN 0-8247-5036-51.

NOVOTNÁ R., ŠILHA T., TRÁVNÍČEK Z., 2011 *Spektrální metody studia chemických látek: Učební text k praktickému cvičení Metody studia anorganických látek a pro studenty chemických přírodních oborů*. [online]. Olomouc, [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: [http://agch.upol.cz/userfiles/file/pdf/Spektralni\\_metody.pdf](http://agch.upol.cz/userfiles/file/pdf/Spektralni_metody.pdf)

OHTA N., ROBERTSON A. *Colorimetry: fundamentals and applications*. Chichester, WestSussex: J. Wiley, 2005, ISBN 04-700-9472-9.

PARÉ J. R. J., BÉLANGER J. R. M., 1997: *Instrumental methods in food analysis*, Publishers: Elsevier Science B.V. ISBN 0-444-81868-5

PEŠEK M., 1997: *Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. JU, České Budějovice, 235 s.

PRAUS P., PLACHÁ D., 2008: *Vybrané kapitoly z instrumentální analýzy*. Ostrava: Katedra analytické chemie a zkoušení materiálu. Studijní opora, 206 s.

KONICA MINOLTA, 2006: *Přesná komunikace o barvě*. Pro Pragolab přeložil ing. Jan Všíanský.

POLÁK, M.; KAČEŇÁK, I., 2003: *Tovar o znalectv o potravinářského tovaru*. Vyd. 1. Bratislava: Ekonóm, 166 s. ISBN 80-225-1695-3.

RAUNER K., et al, *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. Nakladatelství Fraus, Plzeň 2005., 136 s, ISBN 978-80-7238-433-4

SAHIN S., SUMMU S.G., 2006: *Physical properties of food*. New York: Springer, Food science text series. 257 s. ISBN 0-387-30780-x

SCHANDA J., 2007: *Colorimetry understanding the CIE system*, Vienna, Austria, CIE/Commission internationale de l'eclairage. 459 s. ISBN 9780470049044.

SILBERNAGL ST., DESPOPOPULOS A., 1984: *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Avicenum, 448 s. ISBN 80-247-0630-6.

ŠULCOVÁ P., 2008: *Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-057-6.

ŠUSTOVÁ K., 2005: *Laktologie (návody do cvičení)*. 49 s. In press

ŠUSTOVÁ K., SÝKORA V., 2013: *Mlékárenské technologie*. Brno: Mendelova univerzita, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.

SÝKORA V., ŠUSTOVÁ K., 2016: Barevná spektrofotometrie v mlékařství. *Mlékařské listy*, Vol. 27, No. 1, 4 - 6 s. ISSN 1212 - 950X

VIK M., 1995: *Základy měření barevnosti 1. díl*. Liberec: Technická univerzita, 109 s. ISBN 80-7083-126-6.

VORLOVÁ L., et al., 2014: *Chemie potravin a chemické laboratorní metody obecné kapitoly*. Brno: VFU, skriptum 57 s. ISBN 978-80-7305-687-2

VOSPĚL B., HRABĚ J., BUŇKA F., 2008: *Senzorická analýza potravin I*. Zlín: UTB, 145 s. ISBN: 978-80-7318-628-9.

WALSTRA P., WOUTERS J. T. M. a GEURTS T. J., 2006: *Dairy science and technology*. CRC/Taylor& Francis, USA, 782 s.

WANG H. H., SUN D. W., 2003: *Assessment of cheese browning affected by baking condition using computer vision*. *Journal of Food Engineering*. 56: 339–345 s. ISSN 0260-8774.

ZOLLINGER, H. 1999: *Color – A Multidisciplinary Approach*. Zürich: Verlag Helvetica Chimica Acta, ISBN: 3-906390-18-7.

ZMEŠKAL O., ČEPPAN M., DZIK P. *Barevné prostory a správa barev*. [online]. 2002 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z:  
[http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06\\_rozn02.p](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download/stud06_rozn02.p)



## 8 SEZNAM TABULEK

Tab. č.1: Rozdíl barev na základě celkové difference (Zmeškal et al., 2002)

Tab. č.2: Hodnocení kvality sýřeniny (Gajdůšek, 1998).

Tab. č.3: Základní laboratorní analýza u vzorků mléka během měření.

Tab. č.4: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 1

Tab. č. 5: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 2

Tab. č.6: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 3

Tab. č. 7: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 4

Tab. č. 8: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 5

Tab. č. 9: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 6

Tab. č. 10: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 7

Tab. č. 11: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 8

Tab. č. 12: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 9

Tab. č. 13: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 10

Tab. č. 14: Charakteristika barvy syrovátky pomocí  $L^*$   $a^*$   $b^*$  v závislosti na kvalitě sýřeniny, vzorek č. 11

Tab. č.15: Statistické porovnání světlosti ( $L^*$ ) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,2137$ ,  $p = 0,0000$ )

Tab. č. 16: Statistické porovnání červeno-zelené škály (a\*) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,0889$ ,  $p = 0,0003$ )

Tab. č. 17: Statistické porovnání žluto-modré (b\*) v závislosti na kvalitě sýřeniny ( $R^2 = 0,2260$ ,  $p = 0,0000$ )