

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI OBILEK JEČMENE A ZRN SLADU

PHYSICAL CHARACTERS OF BARLEY CARYOPSES AND GRAINS OF MALT

VRATISLAV PSOTA, VÚPS, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno, e-mail: psota@beerresearch.cz
KAREL VEJRAŽKA, MZLU, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Psota, V. – Vejražka, K.: Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu. Kvasny Prum. 52, 2006, č. 5, s. 148–150.

Předložený článek je věnován významu fyzikálních vlastností obilek ječmene a zrna sladu, pro jejich využití v predikci technologické kvality. V článku jsou charakterizovány starší i nové, subjektivní a objektivní metody hodnocení fyzikálních vlastností obilek respektive sladu. Je zmíněno i potřebné přístrojové vybavení. V první části článku jsou shrnuty fyzikální metody používané k hodnocení obilky ječmene a zrna sladu a je věnována pozornost především mechanickým vlastnostem. Druhá část je zaměřena na studium vlivu struktury a chemického složení obilky ječmene nebo zrna sladu na energii potřebnou k mletí.

Psota, V. – Vejražka, K.: Physical characters of barley caryopses and grains of malt. Kvasny Prum. 52, 2006, No. 5, p. 148–150.

The presented study is devoted to the significance of physical characters of barley caryopses and grains of malt for their utilization in the prediction of technological quality. In the study, older and new, subjective and objective methods of the assessment of physical characters of caryopses or malt are described. Needed instrumentation is also mentioned. In the first part of the study, physical methods used for the assessment of barley caryopses and grains of malt are summed up, attention is paid mainly to mechanical characters. The other part is focused on the study of the effect of the structure and chemical composition of a barley caryopsis or malt grain for milling energy.

Psota, V. – Vejražka, K.: Physikalische Eigenschaften der Gerstengrasfrucht und des Malzkornes. Kvasny Prum. 52, 2006, Nr. 5, S. 148–150.

Dieser Artikel wird der Bedeutung von physikalischen Eigenschaften

der Gerstengrasfrucht und des Malzkornes gewidmet, diese Eigenschaften können für eine Vorhersage der technologischen Qualität des Malzes angewandt werden. Im diesen Artikel werden alte und neue Methoden charakterisiert, eine subjektive- und objektive Methoden zur Analyse von physikalischen Eigenschaften der Gerstengrasfrucht und des Malzkornes zusammengefasst und die notwendige Apparaturausrüstung erwähnt. Im ersten Teil des Artikels sind die physikalische Methoden vor allem zur Feststellung von mechanischen Eigenschaften der Gerstengrasfrucht und des Malzkornes zusammengefasst. Der zweite Teil des Artikels wird dem Studium des Einflusses der Struktur und der chemischen Zusammensetzung der Gerstengrasfrucht und des Malzkornes auf die Energiemenge, die zur Schrottung nötig ist.

Псота, В. – Вейражка, К.: Физические свойства семянки ячменя и зерн солода. Kvasny Prum. 52, 2006, No. 5, стр. 148–150.

Внимание уделяется значению физических свойств семянки ячменя и зерн солода для их использования в упреждении технологического качества. В статье дается характеристика предыдущих и настоящих, субъективных и объективных методов оценки физических свойств семянки ячменя или солода. Приводится также нужное аппаратное устройство. В первой части статьи подытожены физические методы, применяемые для оценки семянки ячменя и зерна солода, внимание направляется прежде всего на механические свойства. Во второй части изложено влияние структуры и химического состава семянки ячменя или зерна солода на энергию нужную для помола.

Klíčová slova: fyzikální vlastnosti, ječmen, zrno, sladovnická kvalita, slad

Key words: physical characters, barley, grain, malting quality, malt

1 ÚVOD

Obilka ječmene je složitý rostlinný orgán. Obsahuje řadu pletiv s odlišnými vlastnostmi. Pletiva se skládají z buněk a z mezibuněčných prostor. Vlastnosti jednotlivých buněk, způsob a rozsah jejich přilnutí k sousedním buňkám je též různý. Fyzikální vlastnosti jsou ovlivněny nejen charakterem střední lamely, primárních a sekundárních buněčných stěn, ale i množstvím plazmodezmat, která zabezpečují spojení mezi sousedními buňkami. Důležité je také biochemické složení buněčných stěn, které se může lišit nejen mezi jednotlivými buňkami, ale i v rámci buněčné stěny jedné buňky.

Fyzikální a mechanické vlastnosti obilky ječmene a následně zrna sladu jsou tedy odrazem jejich chemického složení a struktury. Charakter jednotlivých pletiv je určen mechanickými vlastnostmi buněčných stěn spolu s mechanickými vlastnostmi obsahu buněk a úrovní spojení mezi jednotlivými buňkami [1].

Tvrdé zrno je možno definovat jako zrno nesnadno proniknutelné nebo rozdělitelné na části. Naopak měkké zrno je možno definovat jako zrno snadno se pod tlakem rozpadající. O tom, zda bude zrno tvrdé či měkké, rozhoduje vnitřní uspořádání jednotlivých částí zrna. Výrazným způsobem jsou fyzikální vlastnosti zrna ječmene ovlivněny zejména množstvím a kvalitou bílkovin a škrobu, a také jejich vzájemným poměrem. Neméně důležitá je i velikost buněk a jejich vzájemné vazby uvnitř jednotlivých pletiv. Fyzikální a mechanické vlastnosti pluchaté obilky ječmene

a zrna sladu jsou nejvýrazněji ovlivněny vlastnostmi endospermu a pluch. Za sklovité zrno můžeme považovat zrno, jehož endosperm má vzhledově povahu skla. Vztah tvrdosti a sklovitosti není zcela jednoznačný. Při nadbytku dusíku v půdě, při dozrávání za vyšších teplot a za podmínek vodního stresu mohou vzniknout sklovitá zrna. Sklovitost je tedy podmíněna spíše podmínkami vnějšího prostředí. V porovnání s tím je tvrdost kódována geneticky [2].

Nejvhodnější metodou pro stanovení technologické kvality a potřebného technologického postupu zpracování vzorku určité odrůdy nebo dané partie ječmene je mikroskladování a následně analytické rozbor y vyrobeného sladu. Tento postup je však velmi náročný na čas, finance, vybavení laboratoře a odbornou způsobilost personálu laboratoře. Pro hodnocení rozsáhlých souborů vzorků, např. v rámci šlechtitelských programů, jsou vyvíjeny a používány jednoduché metody, na jejichž základě je možno s určitou pravděpodobností usuzovat na technologickou kvalitu daného vzorku.

Jednoduché metody a testy odhadu technologické kvality obilky ječmene či zrna sladu jsou založeny na řadě jejich fyzikálních vlastností. Především to jsou rozměry obilky a její hmotnost, dále je využíváno mechanických a optických (vizuálních) vlastností endospermu.

Pro šlechtění ječmene a zpracovatelský průmysl je předpověď sladovnické kvality na základě velikosti a tvrdosti zrna významná. Měkčí obilky přijímají lépe vodu než obilky

tvrdé. Tvrdost zrna ječmene je důležitá také z hlediska krmivářství.

2 METODY PRO MĚŘENÍ FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ JEČNÉ OBILKY

Struktura obilky a tloušťka buněčných stěn mají značný vliv na sladovnickou kvalitu odrůd ječmene. Absorpce vody během máčení, difuze fytohormonů a enzymů při klíčení určují rychlost rozluštění. V endospermu s rozvolněnou strukturou dochází ke snadnější difuzi enzymů k substrátu, tj. k bílkovinné matici a škrobovým zrnům. Naopak silné buněčné stěny působí jako bariéry transportu enzymů a dalších látek. Kompaktní spojení buněčných stěn, bílkovinné matrice a škrobových zrn se odrazí nejen ve ztížené modifikaci endospermu v průběhu sladování, ale i v horší stravitelnosti ječmene jako krmiva.

2.1 Metody subjektivní

Od počátku výroby sladu byla snaha o zhodnocení kvality vstupní suroviny, tj. ječmene i výsledného sladu. Nejprve bylo vizuální pozorování doplněno kousáním nebo žvýkáním obilky pro zjištění moučnatosti endospermu. Sledovaným parametrem byla snadnost přelomení, překousnutí nebo rozdrčení obilek nebo sladu. Prvním zdokonalením těchto subjektivních metod bylo sledování lomu obilky po překousnutí. Lom obilky byl často nerovný a navlhčený slinou. Z tohoto důvodu se doporučovalo používat k přelomení obilky přeštipce nebo obilné klíčky,

kteří zajišťovaly téměř hladký lom. Touto metodou bylo možno rozlišit ječmen moučný, tvrdý a klišnatý [3]. V průběhu minulého století byly tyto subjektivní metody postupně nahrazovány objektivními fyzikálně-mechanickými metodami, pro které byly vyvíjeny speciální přístroje.

2.2 Metody objektivní

Fyzikální a mechanické vlastnosti obílek ječmene nebo sladových zrn je možno hodnotit různými způsoby. Využívá se k tomu:

- optických respektive vizuálních vlastností povrchu řezu či lomu endospermu,
- velikosti obilky či zrna,
- hmotnosti,
- specifické hmotnosti,
- tvrdosti a pevnosti v tlaku,
- energie spotřebované při mletí,
- třídění částic vzniklých po předchozím rozemletí vzorku,
- času potřebného k obroušení zrna ječmene na požadovanou úroveň.

2.2.1 Metody vizuální a optické

Kyprost (charakter) endospermu lze stanovit dvěma způsoby: destruktivní a nedestruktivní metodou.

Destruktivní metodou je hodnocení řezu obilkou ječmene nebo zrnem sladu farinatomem (zrnařezem) [4]. U obílek s moučnatým endospermem se světlo po dopadu na povrch láme různými směry a vytváří tak dojem kyprého moučnatého povrchu, ale u obílek se sklovitým endospermem se světlo odráží více méně jedním směrem a vytváří tak dojem sklovitosti. Existují různé typy farinatomů (např. Heinsdorffův, Grobeckerův), ale všechny pracují na stejném principu. Do podložky s důlky se postaví zrna, která se upevní, aby nevypadávala, a ostrým nožem se příčně přerážnou. Jedním řezem se rozpůlí několik desítek obílek. U Kickelhaymovy modifikace jsou obilky rozříznuty podélně. Spolehlivost farinatomického stanovení je závislá na ostří nože. Není-li nůž dosti ostrý, obilky se na povrchu odrolí.

Nedestruktivní metodou je prosvětlování obílek pomocí diafanoskopu [5]. Obilky s moučnatým endospermem jsou méně průsvitné, protože pohlcují více světla než obilky se sklovitým endospermem.

Moderní nedestruktivní metodou je hodnocení vlastností obilky pomocí laserového paprsku procházejícího obilkou [6]. Nejpřesnější, ale přístrojově a časově nejnáročnější optickou metodou hodnocení struktury obilky je elektronová mikroskopie.

Schopnost enzymatické modifikace škrobového endospermu v průběhu sladování je základním požadavkem na sladovnický ječmen. Úroveň enzymatické modifikace endospermu je spojena s kvalitou klíčení, aktivitou enzymů, podmínkami sladování, se strukturou a chemickým složením endospermu, ale rovněž s rychlostí a homogenitou rozluštění endospermu. Sklovitost a moučnatost jsou vlastnostmi endospermu. Příčinou sklovitosti je kompaktnost spojení bílkovinné matrice a škrobových zrn endospermu. Ve srovnání s tím je moučnatost charakteristická volnějším spojením bílkovinné matrice a škrobových zrn a větším podílem škrobu v endospermu.

Výsledky výzkumu naznačují, že i když je sklovitost spojována s vysokým obsahem dusíku a moučnatost naopak s nízkým obsahem dusíku [7], sklovitý nebo moučnatý endosperm mohou mít zrna s obdobným obsahem dusíku [8].

Moučnatý endosperm má větší množství „volného prostoru“ než sklovitá zrna a v průběhu klíčení přijímá vodu rychleji. Distribuce moučnatých a sklovitých zrn uvnitř partie je různá. Poznatků, jak moučnatost a sklovitost vzájemně ovlivňuje genetická informace nebo růstové podmínky, je málo.

Distribuce enzymů degradujících endosperm a charakter (sklovitost nebo moučnatost) endospermu ovlivňují rychlost, se kterou je endosperm modifikován v průběhu sladování. Odrůdy ječmene s nepříznivou distribucí moučnatosti a sklovitosti mohou produkovat nehomogenní slad. Vztahy mezi distribucí enzymů a sklovitostí či moučnatostí endospermu zrna sladu mohou být příčinou problémů při výrobě finálního výrobku, je však obtížné je analyticky identifikovat.

2.2.2 Metody mechanické

2.2.2.1 Hmotnost

Hmotnost tisíce zrn

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) je funkcí tvaru a hustoty obílek a vyjadřuje se v gramech suché hmoty. Hodnota HTZ má přímý vztah ke třídění a vyšší hodnoty ukazují na vyšší podíl zrna na síti 2,5 mm. Hodnoty HTZ ječmene se pohybují v rozmezí 38–42 g v sušině. Vyšší hodnoty ukazují na zrna větší a těžší. Velké zrna s velkou hustotou má zpravidla větší poměr endospermu k ostatním morfologickým částem zrna. Při vyšším obsahu bílkovin v zrně ječmene lze dosáhnout dobré extraktivnosti sladu zvýšením hodnoty HTZ přetříděním na síti s většími otvory (např. 2,6 mm). HTZ je jedním z faktorů pro předpověď extraktu ječmene. Čím lépe je slad rozluštěn, tím nižší je průměrná hmotnost tisíce zrn (HTZ) sladu. Hodnoty HTZ sladu se pohybují v rozmezí 30–38 g v sušině [9].

Objemová hmotnost obílek a zrn sladu

Objemová hmotnost je podíl hmotnosti a objemu, dříve označovaný jako hektolitrová váha nebo hektolitrová hmotnost. Objemová hmotnost je hmotnost hektolitru zrn ječmene v kg. Souvisí s velikostí, tvarem a hmotností zrna. Podstatnou část obilky tvoří škrob s nejvyšší objemovou hmotností, proto lze podle objemové (hektolitrové) hmot-

negele

- **teplotní senzory**
- **manometry, tlakové senzory**
- **detekce hladiny, Limitní senzory**
- **monitory průtoku, průtokoměry**
- **vodivostní senzory**



Hygienická provedení pro potravinářský průmysl

Výhradní zastoupení pro ČR a SR



**REGOM
INSTRUMENTS**

Brabcova 2 / 1159, 147 00 PRAHA 4

☎ 241 402 206
☎ 241 400 290

✉ regom@regom.cz
🌐 www.regom.com

nosti usuzovat na vhodnost ječmene pro sladařské účely. Zrna plná s nízkým podílem obalových vrstev a s větším podílem endospermu, ve kterém převažují specificky těžká zrna škrobu, mají vyšší objemovou hmotnost. Z rozdílu mezi objemovou hmotností ječmene (72–74 kg) a objemovou hmotností sladu (světlého 54–58–60 kg; tmavého 52–55 kg) je možno usuzovat na úroveň rozluštění sladu [9].

2.2.2.2 Hustota

Rozdílné hustoty sklovitých a moučnatých obilek využívá flotační metoda. Užitím roztoku soli o známé hustotě je možno rozdělit obilky ječmene na sklovité a moučnaté. Hustota obilek s rozvolněnou strukturou endospermu je nižší než hustota obilek s kompaktní strukturou. Výsledky flotačního testu se vyjadřují pomocí flotačního indexu. U zrn s nízkou hustotou se přepočítala lepší sladovnická kvalita.

2.2.2.3 Tvrdost

Tvrdost se definuje jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Tato vlastnost souvisí se strukturou endospermu, uložením škrobových zrn v bílkovinné matici. Tvrdost obilky je vyhraněná odrůdová vlastnost ječmene a je používána pro hodnocení šlechtitelského materiálu především u pšenice a ječmene. Úzce souvisí se sklovitostí zrna. Pro analýzu tvrdosti byla vyvinuta řada postupů a přístrojů. Jedním z nich je Vítkův přístroj, což je nůž upevněný na jednoramenné páce. Přestípné obilky hmotností závaží, které je posuvné na děleném rameni páky pomocí jezdce, umístěného nad ní ve zvláštním vedení. Vilikovského přístroj sestává ze stolečku s výřezem pro zrno [10]. Ve stolu se pohybuje nahoru a dolů rámeček, do jehož horní příčky je vsazen ostrý nůž. Dolní příčka je zatěžkána závažím. Chaponův přístroj představuje speciální dynamometr spojený s počítadlem, které registruje sílu nutnou pro perforaci zrna jehlou [11, 12]. Tvrdost je možno hodnotit též pomocí moderních analyzátorů. Tvrdost obilky je dána geneticky a lze tedy očekávat rozdíly mezi odrůdami. Současně je ovlivněna vnějšími podmínkami v průběhu vegetace a podmínkami při skladování. Sledování vztahu mezi tvrdostí a technologickou kvalitou ječmene a následně sladu by si proto zasluhovalo pozornost.

Sklerometr

Sklerometr měří zátěž, která je potřebná na přefříznutí (přestřížení) zrna. Přístroj stanovuje vlastnosti jednotlivých zrn a lze tak sledovat i homogenitu vzorku. Problémem této metody je příprava průměrného vzorku, neboť se zkouší relativně malý počet zrn. Výkonnost je zhruba 400 zrn za 40 minut [13].

Mürbimetr

Mürbimetr stanovuje vlastnosti jednotlivých zrn. Princip metody spočívá v propíchnutí zrna sladu jehlami na obou jeho koncích. Embryonální konec zrna sladu je více rozluštěn, a proto je křehčí. Měří se energie vynaložená na propíchnutí. K výpočtu křehkosti sladu je třeba znát i křehkost ječmene. Při měření křehkosti zrna ječmene se používá k propíchnutí jen jedna jehla. U mürbimetru se automaticky analyzuje vždy 100 zrn. Tato metoda je rychlá. Nevýhodou je nemožnost porovnat výsledky získané na dvou přístrojích, neboť u různých přístrojů jsou výsledky stejného vzorku rozdílné. Výkonnost je zhruba 400 zrn za 30 minut [13].

Friabilita (křehkost)

Ve friabilimetru (křehkoměru) je slad proltačován sítem za standardních podmínek.

Měří (váží) se propad rozdrčených zrn sladu sítem a nikoliv vlastní odpor zrna vůči nějakému předmětu. Výhodou je i souběžné měření homogenity vzorku. Dalšími výhodami jsou tradice a velké rozšíření friabilimetrů ve sladařských a pivovarských laboratořích. U starších přístrojů je nevýhodou nutnost kontroly nastavení (síla předpětí pružiny, tlak válečku a jeho opotřebení) friabilimetru pomocí standardních sladů. Metoda stanovení křehkosti (friability) sladu je využívána pro kontrolu úrovně cytolytického rozluštění sladu [14].

2.2.2.4 Pevnost v tlaku

Stanovení pevnosti obilek či zrn sladu v tlaku se používá pro hodnocení základních mechanických vlastností u mnoha zemědělských surovin a výrobků. Obilka ječmene nebo zrno sladu se účinkem vnějších sil deformuje. Pevnost v tlaku je tedy hodnota, která se stanovuje zatěžováním obilky nebo zrna sladu až k destrukci. Na tomto principu je založen Kindlimannův přístroj. Je to v podstatě páka, sestávající ze dvou ramen. Pevné rameno je s pohyblivým ramenem spojeno kloubem. Na pohyblivém rameni je stupnice a posuvné závaží. Analyzované zrno se vloží mezi ramena do prohlubně (těžiště pohyblivého ramena). Posunem závaží se vyvine síla nutná ke zborcení (rozmáčknutí) zrna. Na stejném principu pracují i moderní analyzátoři textury (texturometry), které mohou vzorky nejen drtit, ale po výměně hlavice i propíchnout nebo přestípnout. Větší množství fyzikálních vlastností najednou umožňuje stanovit i přístroj SKCS 4100, který měří průběh rozdrčení (průběh síly) u jednotlivých obilek a ze vzorku 300 obilek vypočítává průměrnou křivku. Maximální hodnota síly společně s hmotností, vlhkostí a velikostí obilky se dosadí do vzorce, pomocí kterého se vypočítá index tvrdosti [15]. U pšenice byla zjištěna vysoká korelace mezi hodnotou zjištěnou pomocí této metody a energií potřebnou pro mletí [16]. V USA se pomocí této metody hodnotí vykupovaná pšenice.

Tvrdost a pevnost obilky výrazně ovlivňují i výsledky získané pomocí následujících metod.

2.2.2.5 Mletí a obroušování

Principem stanovení je zjištění odporu, který vzniká při mletí zrna v mlýnku. Rozdílnost principů používaných přístrojů způsobuje, že výsledná hodnota tvrdosti je specifická pouze pro použitý přístroj. Je to dáno tím, že na každém měření se nestejnou měrou podílí rozdílné fyzikální vlastnosti jednotlivých částí zrna (vlastnosti pluchy, endospermu apod.). Dále je možno konstatovat, že na rozdíl od původního zjišťování vlastností jednotlivých zrn se objektivnějším jeví mlecí test, obdobně jako u sladu [12].

Přístroj podle Brabendera

Přístroj podle Brabendera pracuje na principu měření odporu, který vzniká při mletí zrna v kuželovém mlýnku. Odpor je registrován dynamometrem. Vlastní stanovení se provádí na Brabenderově farinografu se speciálním nástavcem. Výsledek se vyjadřuje v tzv. Brabenderových jednotkách. Tento přístroj pracuje s 50 g navážkou, což snižuje pravděpodobnost přípravy nereprezentativního vzorku. Částečnou nevýhodou je nemožnost měření homogenity vzorku. Výkonnost je zhruba 60 vzorků za hodinu [11]. Rutinně je tato metoda používána v německém „Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft“ [17] pro predikci kvality sladu.

Energie potřebná k mletí vzorku

Energii potřebnou k mletí (ME – Milling Energy) je možno stanovit u obilek (GME – Grain Milling Energy – energie potřebná pro mletí obilek) a u zrn sladu (MME – Malt Milling Energy – energie potřebná pro mletí zrn sladu). Z rozdílu hodnot GME a MME se dostane úbytek energie potřebné ke mletí (MEL – Loss of Milling Energy), ke kterému došlo v průběhu sladování. Energie potřebná ke mletí se stanovuje pomocí přístroje Compamill.

Energie potřebná k mechanickému narušení struktury endospermu byla úspěšně využita pro zjištění strukturálních vlastností endospermu ječmene. Z hlediska biochemického je závislá na obsahu škrobu, složení buněčné stěny a kvalitě bílkovin, především obsažených v endospermu obilky. Nízká energie potřebná k mletí je důkazem volnějšího spojení mezi jednotlivými částmi obilky. Odrůdy s touto vlastností se obvykle lépe luští a mají vyšší extraktivnost. Metoda stanovení energie potřebné ke mletí byla v zahraničí publikována již v roce 1976 [18].

Čas potřebný k obroušení zrna ječmene

Odolnost vzorku vůči obroušení je důležitým parametrem při zpracování ječmene na kroupy. Pearling test spočívá v měření času, za který je vzorek obroušen na požadovaný stupeň, což vyjadřuje „pearling rate“ v % [(HTZ obroušeného ječmene / HTZ celých zrn) x 100]. Tvrdé materiály potřebují delší čas pro obroušení pro dosažení stejného výnosu krup než materiály měkké [19].

2.2.2.6 Granulometrická analýza

Granulometrickými metodami se obecně stanovuje podíl jednotlivých velikostních částic ve vzorku. Pro hodnocení ječmene a sladu se používá síťová a sedimentační analýza.

Třídění obilek ječmene a zrn sladu podle velikosti (síťování)

Laboratorní test, který třídí obilky ječmene do stupňů podle minimálního rozměru jednotlivých tříd: >2,8 mm, 2,5–2,8 mm, 2,2–2,5 mm a <2,2 mm dává možnost odhadnout výťažnost extraktu [9].

Sedimentační test

Hodnota zjištěná sedimentačním testem vyjadřuje objem sedimentu nabobtnalých částic ječné mouky, který se vytvoří za určitou dobu v suspenzi vody, kyseliny mléčné a 2-propanolu [20]. S nárůstem hodnot tvrdosti obilky se zvyšuje objem sedimentu [11], který souvisí s obsahem bílkovin. Vyšší sediment (vyjadřuje se v ml) je způsoben vyšším obsahem nabobtnalých bílkovin. Sedimentační test je určen pro hodnocení rozdílu ve struktuře buněčných stěn a v kompaktnosti spojení škrobových zrn a bílkovinné matrice. Je založen na měření zakalení po sedimentaci moučky ječmene v suspenzi ethanolu turbidimetricky [21]. Snadné uvolňování škrobových zrn při mletí vede k pomalejší sedimentaci v ethanolu a vyšší intenzitě zakalení. Předpokládá se, že tato vlastnost má vztah k rychlosti rozluštění.

Index velikosti částic

Relativní tvrdost obilek lze zjistit jejich mletím a proséváním. Vzorek se umele podle popsané metodiky [22] a mouka se proseje na síť s velikostí otvorů 75 µm. Části pod sítem se zváží. Vzorek tvrdých obilek vykazuje nižší hmotnost podílu pod sítem než vzorek obilek měkkých. Metodu lze použít i pro měření fyzikálních vlastností sladu.

Dokončení v příštím čísle