

Příklady použití obrazové analýzy v řepářství a cukrovarnictví

EXAMPLES OF IMAGE ANALYSIS APPLICATIONS IN BEET CULTIVATION AND SUGAR TECHNOLOGY

Evžen Šárka, Zdeněk Bubník – Ústav chemie a technologie sacharidů, VŠCHT Praha

Potravinářství patří mezi předních deset průmyslových odvětví, ve kterých se využívá tzv. počítačové vidění (*computer vision*) (1). Toto je založeno na numerickém zpracování digitální fotografie nebo kamerového obrazu (označovaném jako obrazová analýza – *image analysis*) nebo je tato technika dále spojena s ovládacími prvky při automatizaci průmyslové výroby, pro kterou je obvykle volen termín strojové vidění (*machine vision*).

Vizuální vjem (obraz), který je bez pochyby upřednostňovaným postupem při vytváření pojmů v lidském mozku, se běžně používá k hodnocení zemědělských výrobků a potravin. Řada kvalitativních faktorů potravin může být posouzena vizuální kontrolou a pomocí obrazové analýzy. Lze ji využít např. pro hodnocení kvality nebo třídění: masa (syrového, vařeného masa a masných výrobků, drůbeže, ryb), ovoce (jablko, citrusů, jahod, oliv), brambor, obilnin (pšenice, rýže, kukuřice), cereálních produktů (pekařských výrobků, těstovin, pizzy) a dalších potravin (sýrů, chipsů, hranolků ad.) (2).

U počítačového vidění jde o více či méně přesné napodobení lidského. Jeho předností je to, že počítač dokáže posuzovat rozměry a barvy objektů zcela objektivně. Mimo to dokáže zaznamenat během okamžiku velké množství objektů v zorném poli kamery (člověk si zapamatuje pouze jejich zlomek) a má možnost zaznamenat a analyzovat i velmi rychlé děje.

Barevný nebo šedý („černobílý“) obraz je buď pořízen digitálně nebo je (např. v případě televizní kamery) následně

Obr. 1. Příklad segmentace obrazu škrobových zrn s následnou editací: zrna jen částečně zachycená na digitálním obrazu (zde v černé barvě) jsou vyřazena z hodnocení, jednotlivé aglomeráty (šedé) jsou následně manuálně na monitoru rozdělena na jednotlivá škrobová zrna (3)



konvertován na síť bodů. Digitalizovaný obraz zahrnuje diskrétní počet pixelů a každému pixelu je přiděleno číselné označení jeho umístění a hodnota v šedé nebo barevné stupnici specifikující jeho jas nebo barvu. Tento obraz lze charakterizovat rozlišením, bitovou hloubkou a počtem barevných rovin v obrazu.

Při použití softwaru obrazové analýzy jsou často používány funkce, které nepracují ani s barevným obrazem ani s obrazem v šedé stupnici. Jejich použití musí předcházet převedení obrazu na binární, jehož pixely mohou nabývat pouze dvou hodnot, nejčastěji 0 (černá barva) a 255 (bílá barva). Transformací obrazu na binární pomocí tzv. prahování se provede segmentace fotografie na jednotlivé regiony (obr. 1.), které lze dále morfologicky zpracovávat pomocí editace a různých matematických morfologických metod.

Cílem článku je dokumentovat na příkladech využití obrazové analýzy v řepářství, v cukrovarnické technologii a navazujících provozech.

Pěstování cukrovky

Struktura půdy spolurozhoduje o úrodnosti půdy a ovlivňuje její schopnost pohlcování srážek. Půdní hmota se skládá ze souboru půdních částic a jejich agregátů, pórovitý prostor mezi nimi je vyplněn vzduchem nebo vodou.

Zhutnění půdy snižuje pórovitost, čímž se narušuje struktura půdy a transportní vlastnosti systému pórů. KULLI ET AL. (4) studovali pomocí obrazové analýzy vliv mechanického účinku sklizečů řepy na pórovitost půdy a schopnost pohlcení vody v písčité hlinité půdě ve Švýcarsku. Byl aplikován roztok barviva, následně byly vyjmuty vertikální řezy půdy, u kterých byl průchod roztoku snímán barevnou kamerou.

Důležitým faktorem pro udržení příznivého strukturního stavu půdy je přívod organické hmoty do půdy, ať už ve formě posklizňových zbytků, zapravování slámy, zeleného hnojení či hnoje, případně pouze mělké zapravení části těchto rostlinných zbytků do půdy. Povrchový pokryv půdy lze vyhodnocovat obrazovou analýzou. Např. HULA ET AL. (5) sledovali závislost pokryvnosti rostlinnými zbytky v rozmezí 1,3–15,1 % na rychlost infiltrace dešťových srážek.

Postupné snižování ceny cukrovky a cukru v rámci Evropské unie (6) vede k úsilí zemědělců i cukrovarů ke hledání cest, jak snížit provozní náklady. Jednou z možností je využívání tzv. precizního zemědělství (*precision agriculture*) (7), které využívá řadu znalostí např. kvalitu půdy, informace o předplodinách, spotřebovaná hnojiva, nadmořskou výšku – ve vazbě na aktuální výnos určený pro danou GPS pozici (vytvářejí se tzv. výnosové mapy) (8). Technologie pěstování cukrovky bez

ruční práce není v současnosti možná bez použití herbicidů, které zpomalují nebo přerušují normální růst a vývoj rostlin (9). Současná ekonomická situace po provedené reformě evropského cukrovarnictví a ochrana půdních zdrojů povedou k omezování vstupů herbicidů při pěstování. Náklady na herbicidy by mohly být významně omezeny, pokud budou použity jen na silně zamořené porosty. K tomuto účelu lze využít mapování polí obrazovou analýzou, které slouží k získání informace o aktuální hustotě zaplevelení a distribuci ohnisek na poli, a následnému zásahu. Vyhodnocovací algoritmus umí odlišit např. tvarové charakteristiky jednoděložných a dvouděložných rostlin (10). Není ale zcela dořešena otázka praktické realizace snímání porostů – zda pozemním šetřením (pochůzkářem nebo z traktoru), či z leteckého snímání. Kromě podkladů pro vlastní herbicidní ošetření se systém může stát součástí informačního systému precizního zemědělství (11).

Příjem řepy a hodnocení kvality řízků vstupujících do technologického procesu

V současné době mají cukrovarnické závody díky moderní technice velmi nízký počet pracovníků ve vlastní technologii. Proto by bylo žádoucí, aby přicházející řepa měla pokud možno standardní jakost a operátoři měli informaci o jakékoli jakostní odchylce bezprostředně k dispozici.

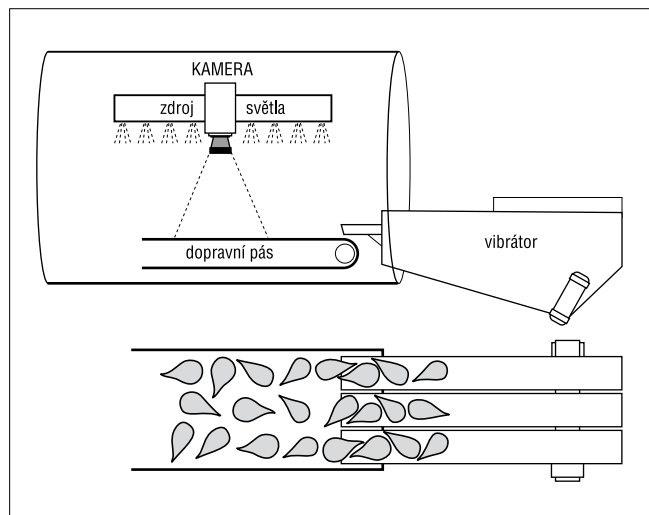
Na druhé straně přejímka cukrovky na sebe váže nezanedbatelnou část pracovní síly. Obvykle z každé dodávky do cukrovaru je odebrán vzorek řepy, u kterého se stanovuje podíl anorganického a organického balastu (kameny, hlína, tráva, chrást vč. hlavy řepy). Úsilí o snižování výrobních nákladů vede k požadavku další automatizace tohoto úseku.

Řada prací v oblasti obrazové analýzy je proto zaměřena na morfologické vlastnosti cukrovky a na využití vhodných metod pro její odlišení od ostatního materiálu a další vyhodnocení. Např. FRYDENDAL A JØRGENSEN (12) ve Švédsku provozně testovali možnost vyhodnotit pomocí obrazové analýzy a následným numerickým výpočtem hmotnost hlavy řepy, aby odpadlo manuálně náročné ruční odřezávání (obr. 2.). Pro tvarovou identifikaci jednotlivých bulev na dopravním pásu je nutné zamezit vzájemnému dotyku řep, toho se dosáhlo jednak mechanicky a částečně i pomocí obrazového softwaru. U rozpoznání tvaru řepy bylo matematicky definováno místo, kde by měl být proveden řez, což umožnilo provést simulační výpočet objemového (hmotnostního) podílu jak hlavy, tak i těla řepy. Tento automatizovaný postup vykazoval přesnější hodnoty, než když byl prováděn manuálním řezem a vážením.

JANSSENS ET AL. (13) popisují výsledky instalace přejímkového systému na základě obrazové analýzy v nizozemském cukrovaru Tirlmontoise v roce 2003 a následných zkoušek v roce 2004. Celou úlohu rozšířili o rozlišení zbytků stonků u skalpované řepy, založené především na jejich odlišné barvě.

Barva řízků vstupujících do extraktoru je vizuálním atributem, který poskytuje technologovi intuitivní představu o chodu přední části závodu v nejbližších hodinách. Řešení pro obrazovou analýzu barvy řízků však není jednoduché – bylo by nutné, aby řízky byly v systému dobře segmentovány od pozadí dopravního pásu (mají poměrně složitý tvar vytvářející stíny a mimo to se řízky nestejně vzájemně překrývají). Jednodušší situace by mohla být při sledování plátkových řízků vznikajících na řezačkách osazených šípovými noži. Zde by snad bylo možné

Obr. 2. Schéma mechanického oddělení a snímání řepných bulev (podle Frydendala a Jørgensena)



použít metodu, kterou popisuje QUEVEDO ET AL. (14) pro popis hnědnutí plátků hrušek, a to vyhodnocení fraktální dimenze ($FD_{1,2}$) z Fourierova spektra vybrané oblasti obrazu s cílem určit světlost $SI_{1,2}$.

Vápenka, kotelna

Na těchto úsecích cukrovaru by připadalo v úvahu především vyhodnocování velikosti objektů – a to jak kusovitosti vápence, uhlí či koku nebo mikročástic uhličitánu vápenatého či saturačního kalu (15) pro odsířování kouřových plynů nebo mikročástic popílku.

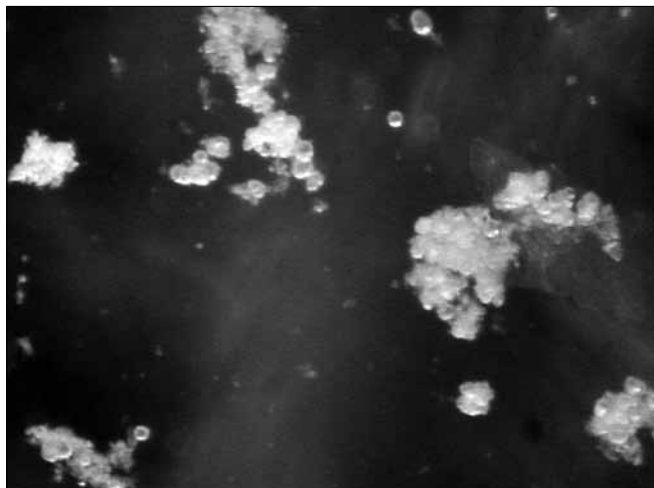
Zvláště přínosné by bylo on-line sledování kusovitosti uhlí při zavážení kotelny pomocí kolových nakladačů, aby byl omezen vliv lidského faktoru při této činnosti. Instalace by vyžadovala odlišnou barvu dopravního pásu k zajištění vhodné segmentace objektů a zajištění konstantní intenzity osvětlení.

Epurace

Na epuraci lze touto metodou sledovat distribuci velikosti částic sraženiny v různých suspenzích (kalných šťávách). Měření velikosti částic tak lze využít k hodnocení některých chemicko-inženýrských procesů – např. k vyhodnocení efektu dávkování flokulantu, poškozování částic saturačního kalu v průběhu technologie, vyhodnocení dělicího účinku suspenze kalu při separaci v hydrocyklonech či dekantačních odstředivkách. Problematickým v tomto případě může být především zajištění vhodného kontrastu a rozhraní pro vybrané částice. Je proto třeba věnovat velkou pozornost vytváření makra, správnému osvětlení a vhodnému pozadí.

Velikost částic saturačního kalu ovlivňuje schopnost filtrace šťáv a sekundárně ovlivňuje potřebný přírůstek vápna, který je nutné použít pro předchozí čerání šťávy. Na druhé straně velikost agregátů saturační sraženiny ovlivňuje i její adsorpční schopnost. Podle BUCHHOLZE A BRUHNSSE (16) může mít příliš malý přírůstek vápna za důsledek kromě obtížné filtrovatelnosti i horší barvu a vyšší tvrdost šťávy. Velikost částic saturačního kalu

Obr. 3. Mikrofotografie částic saturačního kalu při použití flokulantu



a jeho filtrovatelnost závisí kromě uvedeného přídatku vápna při správně seřízeném provozu především na velikosti částic kalu v předčeřené šťávě, a tedy na správně nastaveném procesu předčeření, včetně recirkulace (17).

Vlastní provoz předčeření by měl být tedy realizován tak, že bude dosahováno co nejhrubší sraženiny. ŠÁRKA ET AL. (18) na základě měření rozdělení velikosti částic kalu provedli výpočet hmotnostní bilance toků pro jednotlivé sekce a bilance pevné fáze v předčeřiči, a to jak celkové, tak pro jednotlivé rozměrové frakce. Cílem byl kvalitativní popis, co se v jednotlivých sekcích předčeřiče odehrává. Ve sledovaném cukrovaru byl prokázán úbytek malých částic v první a poslední komoře předčeřiče. Dochází k němu jednak při přímém kontaktu se surovou šťávou, jednak při vysoké alkalitě, kdy lze očekávat tvorbu komplexních sloučenin.

Byla sledována i velikost částic saturačního kalu v různých cukrovarských meziproduktech – v suspenzi s vodou, v 1. saturované šťávě a v jejím zahuštěném podílu; např. v jednom cukrovaru byla určena průměrná velikost d_{e50} částic ve středu dekantéru 1. saturované šťávy 82,2 μm (19, 20). Lze identifikovat i rozbíjení již vytvořených agregátů částic saturačního kalu, např. při filtraci 1. saturované šťávy.

Krystalizace cukru, třídění

Podobně i při krystalizaci je obrazová analýza zaměřena především na morfologii částic a její změny. Jde např. o posouzení granulometrie krystalů a mikrokystalů, o sledování vlivů na geometrický tvar krystalů, určení rychlosti krystalizace a nukleace včetně sledování vlivu necukrů, či o sledování kinetiky aglomerace (vzniku srostlic). Systém obrazové analýzy bývá použit i k monitorování a zhodnocení systému vaření, či přímo k řízení kontinuálního vaření.

Např. BUBNÍK ET AL. (21) sledovali krystaly tzv. mikroočka, které se používají jako krystalizační zárodky pro průmyslovou krystalizaci cukru. Krystaly cukru jsou transparentní, často tedy nelze používat při vyhodnocení makra, ale měření je nutno na monitoru provádět manuálně. Rychlost a přesnost vyhodnocení velikostního spektra mikrokystalů v tomto případě značně závisí na zkušenosti experimentátora.

KOVÁŘOVÁ (22) analyzovala vzorky velkých krystalů krystalového cukru (třídění krystal a krupice). Systém zpracovaný

v programovém prostředí LabVIEW je schopen vyhodnotit sekvenci snímků uložených ve zvoleném adresáři, zobrazuje naměřené a vypočítané hodnoty týkající se počtu, objemu a procentuálního zastoupení vyhovujících částic ve směsi. Dále vytváří histogram znázorňující velikostní zastoupení částic ve zvoleném počtu tříd a stanovuje, zda analyzovaná směs odpovídá požadavkům zákonné normy.

BUBNÍK ET AL. (23) uvádějí jako další možnost použití analýzy obrazu při kinetickém studiu tzv. chladicí krystalizace cukru z roztoků. Kromě toho lze touto metodou také zjišťovat poškození krystalů, může být podkladem i pro návrh dalších průmyslových aplikací sacharosy (24). Obrazová analýza může být rovněž kombinována se saturoskopickou metodou k měření rozpustnosti cukru ve vysoce viskózních čistých i technických cukerných roztocích s širokou metastabilní zónou (25).

Čištění odpadních vod

Na tomto úseku lze obrazovou analýzu využít např. ke sledování velikosti vloček a vlastností (aktivovaného) kalu či mikrobiálních granulí, ke sledování sedimentovatelnosti a čírosti, k rozlišení vloček od vláken, ke stanovení počtu nitrifikačních bakterií, nebo byla tato metoda využita k modelování tvaru vloček kalu.

Čistírny odpadních vod se vyvíjejí směrem k zavádění vysokorychlostních reaktorů, u kterých jsou doba zdržení biomasy a procházející tekutiny vzájemně nezávislé. Součástí těchto reaktorů se staly mikrobiální granule, které nabízejí mnoho výhod oproti konvenčním mikrobiálním vločkám, např. mají kompaktnější a pevnější strukturu agregátů, lepší sedimentovatelnost a zajištěnou separaci při výtoku, vyšší koncentraci biomasy a vyšší schopnost odolávat šokovému zatížení (26).

Takovéto reaktory s fluidním ložem byly instalovány např. v německých cukrovarch Wierthe (1998) a Güstrow (2000) (27). Jako nosič mikrobiálních granulí se používá pemzový granulát o průměru 0,2 až 0,5 mm (28).

Pomocí obrazové analýzy lze na tomto úseku sledovat jednak morfologické vlastnosti granulí (barva, tvar, drsnost povrchu, abraze), a dále jejich poróznost. Ke sledování charakteru povrchu lze využít např. konfokální laserovou skenovací mikroskopii s využitím vhodného barviva.

GOVOREANU ET AL. (29) se zabývali měřením distribuce velikosti vloček aktivovaného kalu různými měřicími technikami. Velikost částic a jejich rozdělení je výsledkem dynamické rovnováhy tvorby, přeměny a rozpadu pohybujících se mikrobiálních agregátů. Tyto velmi důležité parametry ovlivňující výkon zařízení (tzn. simultánní nitrifikace/denitrifikace) úzce souvisí s biologickými i fyzikálními procesy (např. usazování, stlačitelnost, schopnost odvodnění kalu). K dynamické obrazové analýze byl využíván video kanál CIS-100 (firma Ankersmid, Belgie), který umožňuje charakterizaci velikosti a tvaru částic z pořízených obrazů pohybujících se částic s využitím dodávaného software. Je eliminováno pozadí a provede průměrování hodnot u vhodného počtu částic (např. 10 000). Doporučuje se však souběžně sledovat velikosti částic i metodou laserové difrakce.

Další úseky výroby

Jde o procesy nepatřící nutně přímo do technologického procesu, např. výrobu bioetanolu, bioplynu či krmných pelet.

V procesních jednotkách zpracovávajících vyslazené řízků působením pektinolytických a celulytických enzymů je možné sledovat pomocí obrazové analýzy dekompozici řepné tkáně. DEVAUX ET AL. (30) určovali matematickými morfologickými metodami distribuci velikosti překrývající se částic pevné hmoty a testovali fraktální analýzou jejich rovnoměrnost. Efektivita alkoholové fermentace může být významně zvýšena recirkulací kvasnic, která je však významně ovlivněna velikostí jejich agregátů. Proto je velmi důležité monitorování a řízení průměru kvasnicových vloček. On-line měření lze provádět pomocí obrazové analýzy, založené na vyhodnocení textury (31).

Při kolísání jakosti krmných pelet z řepných řízků, lze pro posouzení jejich tvaru úspěšně použít metodu, kterou použila KOVAŘOVÁ (22) pro testování tvaru válcovitých částic katalyzátoru. Je nezbytné nejprve zjistit orientaci a pozici každého válečku na snímku. Takto vyhledané objekty jsou poté jeden po druhém ze snímku vyříznuty a otočeny do horizontální polohy vzhledem ke své délce. Dále program najde hrany každé částice v horizontálním a vertikálním směru, mezi těmito hranami vykreslí středové osy válečků, změří jejich délku, a tak zjistí oba požadované rozměry a tabulku naměřených dat uloží do souboru.

Závěr

Obrazovou analýzu lze využít k vyhodnocení distribuce velikosti a barevného odstínu mikročástic a makročástic, jak v průběhu technologického procesu, tak i v konečném výrobku. Používá se i jako akční prvek pro řízení jednotlivých procesů.

Vytvořený digitální obraz se rozčlení na jednotlivé regiony, které lze dále morfologicky zpracovávat pomocí editace a různých matematických morfologických metod. K zajištění vhodného kontrastu potřebného pro segmentaci se často využívá vhodné barvivo. Výsledkem obrazové analýzy je určení rozměrových údajů měřených objektů, jejich rovnoměrnost či hrubost povrchu objektů nebo stanovení odstínu, např. vyhodnocením fraktálních dimenzí nebo povrchové textury.

Obrazovou analýzu lze doporučit jako objektivní, nedestruktivní a provozně rychlou metodu.

Zpracováno v rámci výzkumného záměru MŠMT č. MSM 6046137305 „Teoretické základy potravinářských a biochemických technologií“

Souhrn

V současnosti existuje mnoho aplikací obrazové analýzy zaměřených na kvalitu potravin a jejich třídění. Článek poskytuje příklady možností využití této metody v oblasti pěstování řepy, cukrovarnické technologie a v návazných procesech. Vybrané příklady jsou orientovány především ke snižování ekonomických vstupů a zdokonalení technologie při zajištění požadované jakosti surovin a produktů.

Klíčová slova: digitální obrazová analýza, pěstování řepy, struktura půdy, tvar řepy, přejímka řepy, saturační kal, krystal cukru, čištění odpadních vod.

Literatura

- ZHENG, CH.; SUN, D.-W.; ZHENG, L.: Recent applications of image features in food quality evaluation and inspection. In *Proceedings of the 2nd CIGR, Section VI – International Symposium on Future of Food Engineering 2006*, Varšava, Polsko.
- SUN, D.-W.: *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Elsevier, Burlington/London/San Diego, 2008, 583 s., ISBN 978-0-12-373642-0.
- ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.: Using image analysis to identify acetylated distarch adipate in a mixture. *Starob/Stärke*, 61, 2009 (8), s. 457–462.
- KULLI, B.; GYSI, M.; FLÜHLER, H.: Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. *Soil & Tillage Res.*, 70, 2003 (1), s. 29–40.
- HŮLA, J.; KOVAŘÍČEK, P.; KROULÍK, M.: Vsakování vody do půdy a povrchový odtok u širokořádkových plodin. *Listy cukrov. řepář.* 126, 2010 (1), s. 22–26.
- STRNADLOVÁ, H.: Dopady vstupu ČR do EU a reformy Společné organizace trhů v odvětví cukru na trh s cukrem v ČR. *Listy cukrov. řepář.*, 125, 2009 (12), s. 334–341.
- ŠÁRKA, E.: Zdroje, přenos a zpracování informací v cukrovarnickém podniku. *Listy cukrov. řepář.*, 121, 2005 (1), s. 25–28.
- MAŠEK, J.; HEŘMÁNEK, P.; PROCHÁZKA, P.: Sklizeň cukrové řepy a možnosti mapování výnosu při sklizni. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (9/10), s. 252–255.
- JURSÍK, M.; SOUKUP, J.; HOLEC, J.: Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. *Listy cukrov. řepář.*, 126, 2010 (1), s. 14–16.
- SCHUSTER, I.; NORDMEYER, H.; RATH, T.: Comparison of vision-based and manual weed mapping in sugar beet. *Biosystems Eng.*, 98, 2007 (1), s. 17–25.
- KROULÍK M. ET AL.: Metody detekce plevelů a mapování prostorového uspořádání plevelných ohnisek pomocí sensorové techniky. *Listy cukrov. řepář.*, 123, 2007 (4), s. 122–129.
- FRYDENDAL, I.; JØRGENSEN, L. B.: A system for automatic measurement of beet top in the tarehouse. *Zuckerind.*, 121, 1996 (11), s. 876–880.
- JANSENS, O. ET AL.: Beet top and leaf determination through image processing. *Zuckerind.*, 131, 2006 (1), s. 21–27.
- QUEVEDO R., ET AL.: Quantification of enzymatic browning kinetics in pear slices using non-homogenous L* color information from digital images. *LWT-Food Sci. Technol.*, 42, 2009 (8), s. 1367–1373.
- ŠÁRKA, E.: Saturační kal – možnosti použití a vlastnosti. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (12), s. 349–357.
- BUCHHOLZ, K.; BRUHNS, M.: Über die Kampagne 1995/96 und neuere technologische Entwicklungen. *Zuckerind.*, 121, 1996 (5), s. 305–326.
- DANDA, R.; RAIJAN, I.; GLAZIRINA, L.: Zmeny schémy čistenia repnej šťavy v cukrovarne Drochia. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (3), s. 96–100.
- ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.; HINKOVÁ, A.: Změna velikosti částic při předčeření sledovaná metodou image analysis. *Listy cukrov. řepář.*, 122, 2006 (5/6), s. 176–180.
- ŠÁRKA, E. ET AL.: The particle size of carbonation mud, and possibilities for influencing it. *J. of Food Eng.*, 87, 2008 (1), s. 45–50.
- ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.; HINKOVÁ, A.: Changes in particle size of carbonation slurry during preliming observed by the image analysis method. *Zuckerind.*, 131, 2006 (8), s. 551–557.
- BUBNÍK, Z. ET AL.: Control of seed microcrystal size and distribution by LUCIA image analysis. In *12th Symposium of the Andrew van Hook Association*, 2005, Reims, Francie.
- KOVAŘOVÁ, A.: *Obrazová analýza opticky rozlišitelných objektů a heterogenních směsí*. Disertační práce. VŠCHT, Praha, 2009.
- BUBNÍK, Z. ET AL.: Image analysis of sugar crystals in massecuite and dry state – Computer Image Analysis: a powerful tool for evaluation and control of the crystallization process. 8th Symposium of the Andrew van Hook Association, 2001, Reims, Francie. Abstrakt: *Zuckerind.*, 126, 2001, s. 215.
- BUBNÍK, Z. ET AL.: Spolupráce Ústavu chemie a technologie sacharidů s cukrovarnickým průmyslem. *Listy cukrov. řepář.*, 123, 2007 (4), s. 142–143.
- BUBNÍK, Z. ET AL.: Application of computer image analysis for evaluation and control of the sucrose crystallization process. *Czech J. Food Sci.*, 18, 2000 (1), s. 23–28.
- LIU, X.-W.; SHING, G.-P.; YU, H.-Q.: Physicochemical characteristics of microbial granules. *Biotechnology Advances*, 27, 2009 (6), s. 1061–1070.

LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ

27. BISCHOFBERGER, W. ET AL.: *Anaerobtechnik*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2. vyd., 2004, 718 s., ISBN: 3540068503.
28. JÖRDENING, H. J.: Einführung eines anaeroben Fließbettverfahren in der Zuckerindustrie. *GWF Wasser Abwasser*, 149, 2008 (14), s. 12–18.
29. GOVOREANU, R. ET AL.: A methodological approach for direct quantification of the activated sludge floc size distribution by using different techniques. *Water Sci. Technol.*, 60, 2009 (7), s. 1857–1867.
30. DEVAUX, M.-F. ET AL.: Contribution of image analysis to the description of enzymatic degradation kinetics for particulate food material. *J. of Food Eng.*, 77, 2006 (4), s. 1096–1107.
31. MAS, S.; GHOMMIDH, C.: On-line size measurement of yeast aggregates using image analysis. *Biotechnol. Bioeng.*, 76, 2001 (2), s. 91–98.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Evžen Šárka, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Ústav chemie a technologie sacharidů, Technická 5, 166 28 Praha 6 Dejvice, Česká republika, e-mail: evzen.sarka@vscht.cz

Šárka E., Bubník Z.: Examples of image analysis applications in beet cultivation and sugar technology

Nowadays, many applications of digital image analysis focus on food quality and grading. The short review ponders on image analysis applications in the area of beet cultivation, sugar technology and coherent processes. The chosen examples are motivated by reduction of economic inputs and improving the technology to provide required quality of raw materials and products.

Key words: digital image analysis, beet cultivation, soil structure, beet shape, tarehouse, carbonation mud, sugar crystal, waste water treatment.