

VHODNOST TRITIKALE K VÝROBĚ BIOETHANOLU PŘI POUŽITÍ TECHNICKÝCH ENZYMŮ

J. Kučerová

Došlo: 4. května 2006

Abstract

KUČEROVÁ, J.: *Usability of triticale into bioethanol producing through the use of technical enzymes.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2006, LIV, No. 4, pp. 33–38

The aim of this contribution is to be able to use triticale in distilling industry. Four triticale varieties were grown during 2003–2005. Trials were situated in four different locations of the Czech Republic – Staňkov, Hradec nad Svitavou, Krásné údolí and Libějovice. There were used varieties Kolor, Presto, Modus and Disko. The alcoholic yield, protein content and starch content were determined. The technical enzymes Termamyl SC and SAN Extra L. were used into laboratory fermenting tests for saccharification starch. Reached alcoholic yields move between 37–46 la. The highest alcoholic yield (average three years and four locations) was estimated by variety Modus (41.19 la/100 kg. in dry matter), the lowest variety Kolor (40.08 la/100 kg in dry matter). The location Hradec nad Svitavou (41.68 la) and Krásné Údolí were favourable, the year 2005 (41.48 la) was the most positive. The highest starch content is into positive correlation with alcoholic yield ($r = 0.396$) and negative with protein content ($r = -0.327$). The results were pointed out that triticale makes it suitable for in the distilling industry.

triticale, bioethanol, enzymes, laboratory fermenting test

Zemědělské plodiny mají nezastupitelné uplatnění v oblasti lidské výživy, tvoří základnu výživy hospodářských zvířat, ale mají i nepotravinářské využití. V současné době velmi aktuálním a rovněž velmi efektivním způsobem využití obnovitelných zdrojů energie, jimiž jsou zejména obiloviny, je výroba a aplikace bioethanolu jako motorového paliva, což ukládají i směrnice EU, podle nichž by v roce 2010 měl být podíl paliv z obnovitelných zdrojů 5,75 %.

V podmínkách střední Evropy a tedy i v ČR se jeví ze sacharidických surovin obiloviny jako nejvhodnější, vzhledem k příznivým podmínkám pro jejich pěstování, dobré skladovatelnosti, možnosti transportu a vysoké sušiny zrna, tvořené hlavně škrobem. Výroba bioethanolu a jeho přídavek do motorových paliv přispěje ke zlepšení životního prostředí, využije nadbytečný potenciál zemědělské výroby včetně zaměstnanosti, povede ke snižování závislosti na dovozech fosilních paliv a pomůže rozvoji a modernizaci liho-

varského průmyslu. Přídavek lihu do benzínu se u nás realizoval již v třicátých letech 20. století na základě zákona č. 85 z roku 1932, což podpořilo rozvoj zemědělských a průmyslových lihovarů. Celkový objem produkce lihu v roce 1932 činil 1 023 534 hl absolutního alkoholu, což je téměř dvojnásobek naší současné produkce (DIVIŠ, 2004).

Na základě řady sledování se jeví pro výrobu bioethanolu z obilovin nejvhodnější tritikale a pšenice, poskytující ve srovnatelných podmínkách vyšší alkoholové výtěžky než žito (AUFHAMER et al., 1993; ROSENBERGER, 2004 aj.).

Tritikale má řadu předností, kterými vyniká nad ostatními obilnými druhy. V první řadě je to vysoká výnosnost a to i v méně příznivých pěstitelských podmínkách. Tritikale je tolerantnější k horší předplodině, k méně úrodným půdám, snáší kyselejší půdy, sucho, menší zásobu mikroelementů v půdě a je méně náročné na dávky hnojiv ve srovnání se stejným výnos-

nými druhy a odrůdami. Jako přednost se uvádí i jeho menší náchylnost k chorobám a škůdcům, tedy menší nutnost chemické ochrany proti škodlivým činitelům (PETR et al., 1991). Triticale je charakteristické svou vysokou enzymatickou aktivitou, zvláště amylolytickou, která je rozhodující při zcukřování škrobu, což je jeho předností oproti pšenici. Při dnes převládajícím „studeném“ způsobu zcukřování pomocí bakteriálních a plísňových enzymů je zpracování tritikale výhodné i ekonomicky, a co se týče alkoholových výtěžků, lze tritikale označit jako perspektivní surovinu pro výrobu lihu.

Aby mohla plodina sloužit jako průmyslová surovina k výrobě lihu, musí obsahovat dostatečné množství zkvasitelných cukrů a být k dispozici plynně a v potřebném množství. Mezi zkvasitelné cukry patří glukóza, fruktóza, maltóza, manóza a sacharóza. Vyšší cukry (škrob, celulóza) jsou použitelné po předchozím rozkladu. V širším měřítku se v praxi osvědčil zatím pouze rozklad škrobu, katalyzovaný účinkem enzymů. Jedná se o proces zmazovatění, ztekucení a zcukření, neboli postupné štěpení řetězců amylózy a amylopektinu na směs maltózy a glukózy (HAMROVÁ, 1988). Během procesu dochází postupně k bobtnání škrobových zrn, ztrátě struktury a krystalizace uvnitř zrna, k mazovatění škrobového zrna, zvýšení viskozity a přístupu škrobu pro enzymy. Pokud na mazovatění nenavazuje zcukřující reakce, může suspenze podlehnout retrogradaci, tj. opětovnému přechodu škrobu do nerozpustného krystalického stavu.

Triticale poskytuje vysoce extraktivní zápars díky synergickému působení vlastního enzymatického komplexu a vyšší rozpustnosti zrnových polymerů (WESENBERG, 1990). Triticálové zápars rovněž prokázaly větší pufrovací schopnost, a tím i menší citlivost na změny pH i vyšší teploty poškozující enzymy. Zápars z tritikale stejně jako z pšenice jsou dobře zkvasitelné a mají dobré výtěžky ethanolu (KUNTEOVÁ, 2000).

Do zápars mohou přecházet i další látky polysacharidové povahy, zejména β -glukany a pentosany. Pokud jsou tyto látky převedeny do zápars, vlivem teploty a působením enzymů, projeví se to značným zvýšením viskozity a při vyšších koncentracích dochází až k jejich gumovatění. Z technologického hlediska jsou to nežádoucí procesy, ale degradace těchto polysacharidů může přispět ke zvýšení extraktu (FINCHER, STONE, 1986).

Laboratorní kvasná zkouška je způsob komplexního ověření vhodnosti suroviny pro výrobu bioethanolu. Kvasné zkoušky jsou v pracích různých autorů různě modifikovány dle množství použité suroviny, dávkování enzymů a reakčních podmínek (PIEPER, THOMAS, 1989; SOSULSKI, K., SOSULSKI, F., 1994; INGLEDEW et al., 1995).

MATERÁL A METODIKA

Jako experimentální materiál byly použity vzorky zrna tritikale ze sklizně 2003–2005 zařazené do odrůdových pokusů na pracovištích ÚKZÚZ, tzn. odrůdy byly pěstované stejným způsobem při dodržení jednotné metodiky. Do pokusu byly zařazeny následující odrůdy – Kolor, Presto, Modus a Disco pěstované na stanovištích Staňkov, Hradec nad Svitavou, Krásné údolí a Libějovice. Podrobnější charakteristika odrůd a pokusných stanovišť je uvedena v publikovaných materiálech ÚKZÚZ (PŘEHLEDY ODRŮD, 2005).

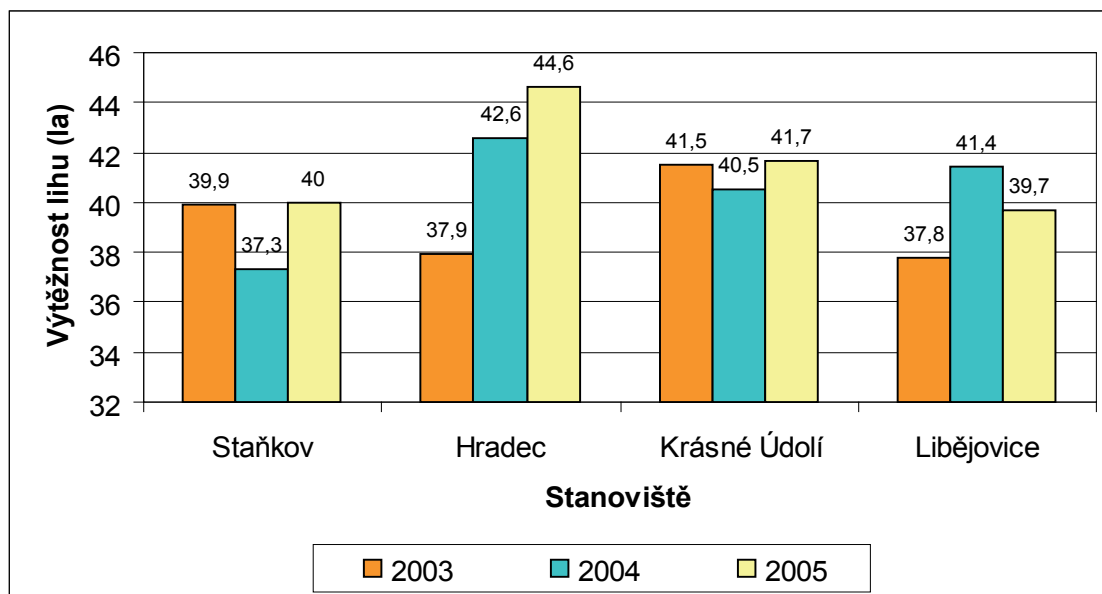
Vzorky zrna byly pomlety na laboratorním mlýnku Perten Instruments na jemný šrot. Ve šrotu byl stanoven obsah bílkovin Kjeldahlovou metodou ($N \times 5,7$), obsah škrobu podle Ewerse, jako přepočítací faktor byla použita hodnota 1,898. Pro stanovení alkoholové výtěžnosti byla použita laboratorní kvasná zkouška upravenou metodikou, s ohledem na použité enzymy, podle pracovního postupu ŠIMŮNEK et al., 1995. Kvasná zkouška byla provedena třikrát u každého vzorku. Laboratorní rozbor vzorků zrna byly provedeny na Ústavu technologie potravin Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.

Vzorky enzymů byly získány od firmy Ekozym, s r. o., Vizovice. Enzym **Termamyl SC** je kapalný enzymový preparát obsahující tepelně stabilní alfa-amylázu produkovanou geneticky modifikovaným kmenem mikroorganismu *Bacillus*. Enzym hydrolyzuje 1,4-alfa – glykosidické vazby v amylóze a amylopektinu. To má za následek rychlé snížení viskozity zmazovatělého škrobu. Štěpné produkty jsou dextriny o různé délce řetězce a oligosacharidy. Enzym **SAN Extra L** je amyloglukosidáza produkovaná submerzní fermentací geneticky modifikovaného mikroorganismu *Aspergillus niger*, která hydrolyzuje 1,4- a také 1,6-alfa vazby ve zmazovatělém škrobu a dextrinech. Používá se pro zcukřování zápars obsahujících ztekucený škrob. Bližší informace o dávkování, podmínkách aktivity a stability enzymů byly čerpány z provozních doporučení výrobců (www.ekozym.cz).

V laboratorních pokusech byly použity k zakvašení sušené aktivní lihovarské kvasnice kmene *Sacharomyces cerevisiae* dodávané pod označením Uvaferm. Při použití těchto kvasnic lze u každého zakvašení udržet co možná nejstejnější počet násadních buněk se stejnými vlastnostmi.

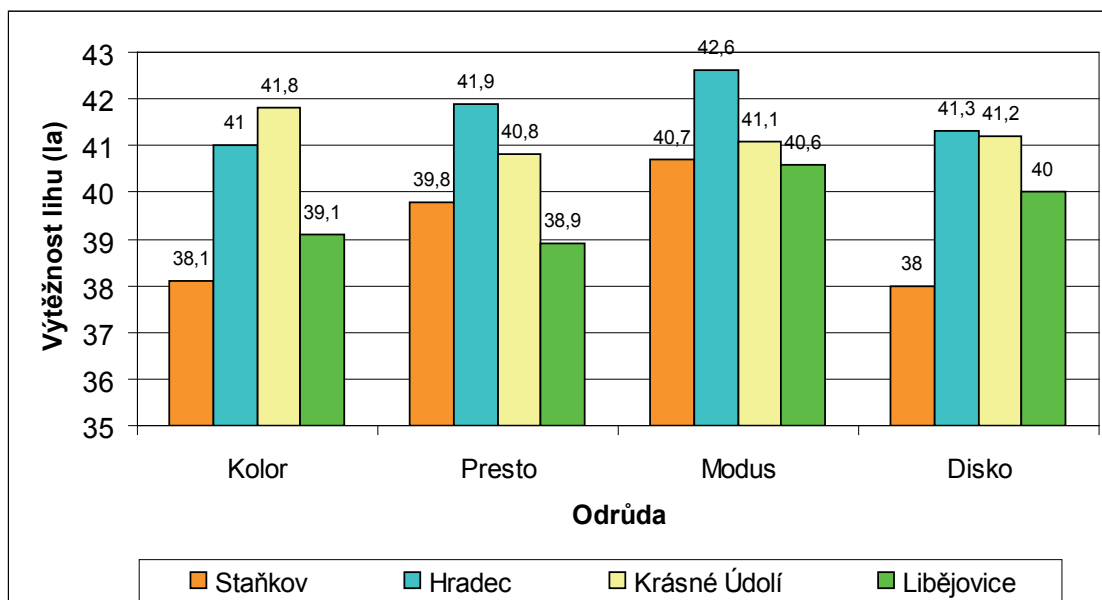
VÝSLEDKY A DISKUSE

Dosažené výtěžky lihu jsou znázorněny na obr. 1 a obr. 2. Výsledky jsou přepočteny na litry 100% alkoholu, který by bylo možno získat ze 100 kg sušiny daného vzorku. Dále je používána zkratka la. Obsah bílkovin a škrobu je znázorněn v obr. 3 a 4, které vyjadřují regresní vztahy k alkoholové výtěžnosti.



1: Alkoholová výtěžnost podle stanoviště v letech 2003–2005 (průměr odrůd)

Z obr. 1 je patrné, že se ve sledovaných letech uplatnil vliv povětrnostních podmínek, který ovlivnil hlavně obsah škrobu a tedy i alkoholovou výtěžnost. Roční průměr výtěžnosti je u stanoviště Staňkov a Krásné Údolí obdobný, kdy nejnižší hodnota je v roce 2004, celková úroveň výtěžnosti je však na stanovišti Krásné Údolí vyšší. Nejvyšších alkoholových výtěžků kromě roku 2003 bylo dosaženo na stanovišti Hradec n/Svitavou.



2: Alkoholová výtěžnost jednotlivých odrůd na sledovaných stanovištích (průměr roků)

Při porovnání výtěžnosti jednotlivých odrůd (obr. 2) dosáhly zřetelně nejvyšších výtěžností odrůdy Modus a Presto, zejména na stanovišti Hradec n/Svitavou a Krásné Údolí.

Pro názornější posouzení a porovnání výsledků kvasné zkoušky jsou průměrné hodnoty zjištěných výtěžností seřazeny podle úrovně výtěžku bioethanolu v tab. I–III.

I: *Výtěžnost bioethanolu u jednotlivých odrůd (průměr roků a stanoviště)*

Odrůda	Výtěžek la/100 kg suš.	Rozpětí min – max
Modus	41,19	38,52–45,05
Presto	40,34	36,57–42,63
Disco	40,10	34,56–46,66
Kolor	40,08	36,27–44,80

Nejvyšší výtěžek bioethanolu poskytla odrůda Modus (41,19 la/100 kg suš.), v souladu s obsahem škrobu 68,69 % (průměr roků a stanovišť), což byl nejvyšší zjištěný obsah při současně nejnižším obsahu bílkovin 9,98 %. Nejnižší výtěžek byl zaznamenán u odrůdy Kolor (40,08 la/100 kg suš.) s obsahem škrobu (průměr roků a stanovišť) 66,49 % při obsahu bílkovin 10,41 %. Negativní vztah mezi obsahem škrobu a obsahem bílkovin konstatoval SCHÄFER, (1995), podle něhož snížení obsahu bílkovin o 1 % znamená zvýšení bioethanolu o 5 l, vztáhnuto na tunu sušiny zrna. Zjištěné alkoholové výtěžnosti jsou nižší, než zjistil PETR et al. (1991). Uvádějí, že 85 % faktorů ovlivňujících výtěžek ethanolu je značně nestálých, závislých na podmínkách pěstování a průběhu povětrnosti.

II: *Výtěžek bioethanolu na jednotlivých stanovištích (průměr odrůd a roků)*

Stanoviště	Výtěžek la/100 kg suš.	Rozpětí min – max
Hradec n/S.	41,68	34,56–46,66
Krásné Údolí	41,24	39,68–42,69
Libějovice	39,64	36,71–43,42
Staňkov	39,15	36,27–42,63

Nejvyššího výtěžku bioethanolu bylo dosaženo na stanovišti Hradec n/Svitavou (41,68 la/100 kg suš.),

jemuž je blízká hodnota výtěžnosti na stanovišti Krásné Údolí. V obou lokalitách je průměrný roční úhrn srážek (normál) vyšší (624 a 605 mm) a průměrné roční teploty (normál) 6,1 a 6,5 °C. Větší odstup ve výtěžnosti (1,5–2,0 la) je u zbývajících stanovišť Libějovice a Staňkov, kde roční úhrny srážek jsou 575 a 511 mm a průměrné roční teploty 7,9 a 7,8 °C.

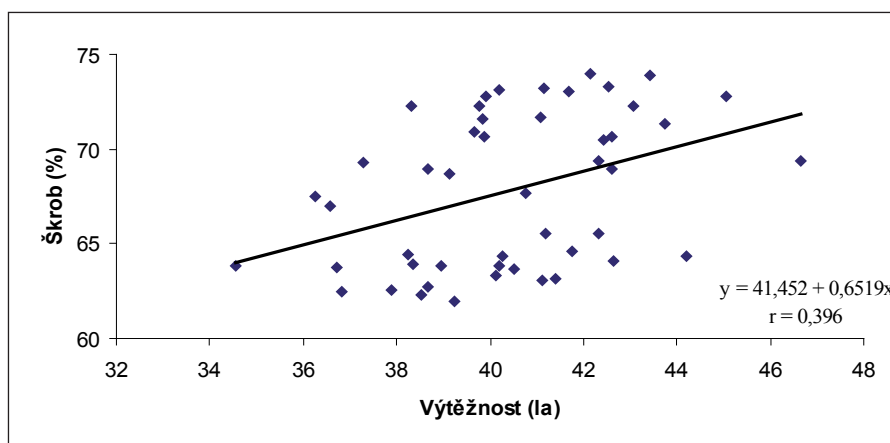
III: *Výtěžek ethanolu v jednotlivých rocích (průměr odrůd a stanovišť)*

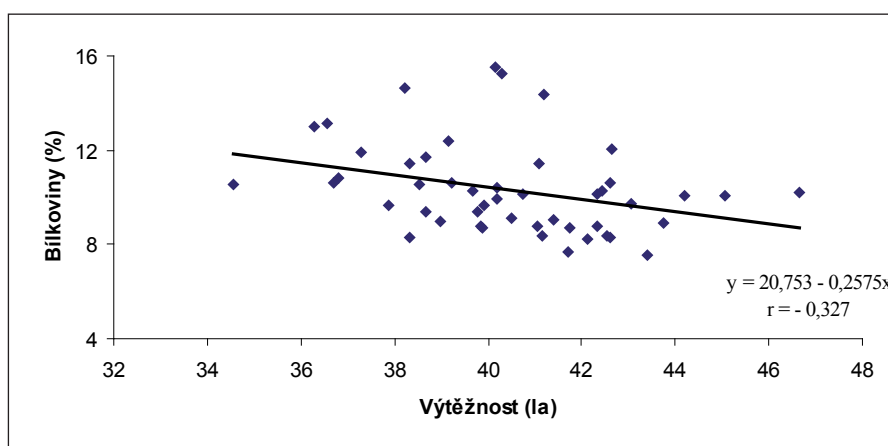
Roky	Výtěžek la/100 kg suš.	Rozpětí min – max
2005	41,48	38,23–46,66
2004	40,44	36,27–43,76
2003	39,35	34,56–42,63

Nejvyšší výtěžek bioethanolu byl v roce 2005 (41,48 la/100 kg suš.), obsah škrobu (průměr odrůd a stanovišť) byl 69,43 % a bílkovin 10,55 %. Nízký výtěžek v roce 2003 souvisí hlavně s nižším průměrným obsahem škrobu (63,47 %), obsah bílkovin činil 10,25 %. Z výsledků je zřejmé, že alkoholová výtěžnost je ovlivněna především obsahem škrobu, ale uplatňuje se i vliv dalších složek a faktorů, jako je obsah dusíkatých látek, enzymatická aktivita zrna, příp. obsah dalších sacharidů.

Regresní analýzou byl vyjádřen vztah mezi výtěžností bioethanolu a obsahem škrobu (obr. 3) a výtěžností bioethanolu a obsahem bílkovin (obr. 4).

V prvním případě u škrobu je vztah pozitivní u obsahu bílkovin je závislost záporná. Je nutné zmínit, že výsledným rozkladem škrobu nejsou všechny štěpné podíly zkvasitelné, ale na druhé straně obilné zrna obsahuje také malé množství jednoduchých cukrů, až 3 % a další látky dextrinové povahy a uplatňuje se rovněž i původní enzymatická aktivita zrna (ŠIMŮNEK et al., 1997).

3: *Vztah mezi výtěžností bioethanolu a obsahem škrobu*



4: Vztah mezi výtěžností bioethanolu a obsahem bílkovin

SOUHRN

V současné době je velmi aktuální výroba motorových paliv z obnovitelných zdrojů, jež v podmínkách ČR tvoří hlavně obiloviny, především pšenice a tritikale.

V práci byly hodnoceny dosažené výsledky alkoholové výtěžnosti u čtyř odrůd tritikale, pěstovaných na čtyřech různých lokalitách v letech 2003–2005. V laboratorních zkouškách byly na zcukření škrobu použity technické enzymy Termamyl SC a SAN Extra L. Dosažené alkoholové výtěžky se pohybovaly v rozmezí 37–46 la vzhledem k různým odrůdám, stanovištím a ročníkům. Rozhodujícím faktorem byl obsah škrobu v zrně. Podle průměrných hodnot dosáhla nejvyšších výtěžků bioethanolu odrůda Modus (41,19 la) a Presto, jako stanoviště byly příznivé Hradec n/Svitavou (41,68 la) a Krásné Údolí, nejpříznivější byl rok 2005 (41,48 la).

Výsledky ovlivnily jak genetické vlastnosti odrůdy, půdní podmínky, tak zejména průběh povětrnosti usměrňující zejména obsah škrobu. Podle regresní analýzy je pozitivní vztah výtěžku bioethanolu k obsahu škrobu ($r = 0,396$) a negativní k obsahu bílkovin v zrně ($r = -0,327$). Použitá kvasná zkouška se prokázala jako vhodné kritérium pro komplexní posouzení vhodnosti suroviny pro lihovarské využití.

tritikale, bioethanol, enzymy, kvasná zkouška

Autor děkuje paní RNDr. Haně Hájkové ze společnosti Ekozym, spol. s r. o. za poskytnutí vzorků enzymů, panu Ing. Františku Benešovi ze stanice ÚKZÚZ Hradce nad Svitavou za poskytnutí vzorků tritikale a slečně Tereze Soukupové za práci na laboratorních experimentech a pomoc při zpracování dat.

LITERATURA

- AUFHAMER, W., PIEPER, H. J., STÜTZEL, H., SCHÄFER, V.: Eignung von Korngut verschiedener Getreidearten zur Bioethanolproduktion in Abhängigkeit von der Sorte und den Aufwuchsbedingungen. Bodenkultur, 1993, 44, s.183–194.
- DIVIŠ, J.: Český lihovarský průmysl a bioethanol. Kvasný prům., 2004, 50, č. 9. s. 269–270.
- FINCHER, B. B., STONE, B. A.: Cell walls and their components in cereal grain technology. Adv. Cereal Sci. Technol., 1986, 8, s. 207–295.
- HAMROVÁ, L.: Technologie zemědělského lihovarnictví. Alfa Bratislava, 1988, 185 s.
- INGLEDEW, M. W. et. al.: Fuel alcohol production from Hull-less barley. Cereal Chemistry, 1995, 72, 2, s. 147–150.
- KUNTEOVÁ, L.: Zemědělské plodiny k výrobě bioethanolu. Úroda, 2000, 12, 28–29.
- PETR, J. et al.: Tritikale, VŠZ, Praha, 1. vydání, 1991, 172 s.
- PIEPER, H. J., THOMAS, L.: Vergleichende Untersuchung zur amylolytischen Wirkung von Handelsenzympräparaten in der Alkoholproduktion unter Besonderer Berücksichtigung druchloser Maischverfahren. Die Branntweinwirtschaft, 1989; 129, s. 70–100.
- PŘEHLEDY ODRŮD 2005: Obilniny a hrách,

- ÚKZUZ, Odbor odrůdového zkušebnictví, 1. vydání, Brno, 2005, 214 s. ISBN 80-86548-65-1
- ROSENBERGER, A.: Gewinnung von Bioethanol aus Getreide mit Hilfe technischer Enzyme. Getreidetechnologie, 58, 5, 2004, s. 303–305.
- SOSULSKI, K., SOSULSKI, F.: Wheat as a feedstock for fuel ethanol. Applied Biochemistry and Biotechnology, 1994, 45/46, s. 169–180.
- SCHÄFER, V.: Effekte von Aufwuchsbedingungen und Anbauverfahren auf die Eignung von Korn-
gut verschiedener Getreidebestände als Rohstoff für die Bioethanolgewinnung. Hohenheim, Univ., Diss., 1995.
- ŠIMŮNEK, P., PELIKÁN, M., STAŇKOVÁ, M.: Stanovení výtěžku alkoholu u tritikale. Kvasný průmysl, roč. 43, č. 2, 1997, s. 99–101.
- WESENBERG, J.: Der drucklose enzymatische Stärkeaufschluss von Rohstoff für die Getreidebrennerei. Die Branntweinwirtschaft, 1990, 22, s. 162–168.
- www.ekozym.cz

Adresa

Ing. Jindřiška Kučerová, Ph.D., Ústav technologie potravin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: kucerova@mendelu.cz