

## YEASTS IN DAIRY NUTRITION

Čermáková J.<sup>1,2</sup>, Doležal P.<sup>1</sup>, Kudrna V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Nutrition and Forage Production, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Institute of Animal Science, Pratelstvi 815, 104 00 Praha Uhrineves, Czech Republic

E-mail: xcerma19@node.mendelu.cz

---

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of yeast culture *Saccharomyces cerevisiae* in dairy nutrition. First the effect of the graduated dosing (0, 0.4, 0.6, 0.8 g) of the yeast culture on the in vitro digestibility of maize silage, lucerne silage and total mixed feed rations both in a rumen fluid and by a pepsin-cellulase method was studied. In laboratory experiments carried out no significant effect of the addition of yeast culture on in vitro digestibility of corn silage, lucerne silage and TMR was shown ( $P > 0.05$ ).

Next the effect of the supplementation of two different yeast strains *Saccharomyces cerevisiae* in a diet on the milk yield, milk composition and health state of high producing dairy cows was examined. The 24 lactating dairy cows were allocated into three well balanced groups. Cows in the first experimental group were fed a supplement Biosaf Sc47 (“B”), cows in the second experimental group received a supplement Levucell 1020 (“L”) and the last group of the cows was a control group (“K”) without any supplementation of yeasts. All cows were fed a total mixed ration „ad libitum”. Dry matter intake, daily milk yields and the milk composition were recorded during the experiment. Although the addition of direct-fed yeast cultures in the ration of dairy cows did not increase the dry matter intake, there was a positive effect of yeasts on the increased daily milk yields when the group L produced in the average about 1.12 kg milk/day and the group B about 0.73 kg milk/day more than cows in the control group K ( $P < 0.05$ ). On the other hand, the feeding of yeast cultures significantly ( $P < 0.05$ ) decreased the milk fat content. Preferable seemed the yeast strain Sc1020, because cows fed the strain Sc1020 produced more milk, plus higher milk fat and protein to compare with cows receiving supplement Sc47. Differences between experimental groups however, were not statistically conclusive ( $P > 0.05$ ). The addition of yeast cultures led to increased activity of cellulase in the rumen ( $P < 0.05$ ). But there was no significant effect on the other observed physiological reference values in the rumen fluid and a blood serum.

**Key words:** yeast culture, rumen digestion, milk production, *in vitro*

**Acknowledgments:** This study was supported by the Research plan No. MSM 6215648905 „Biological and technological aspects of sustainability of controlled ecosystems and their adaptability to climate change“, which is financed by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic and by NAZV, The Czech Republic, as the project No. 1G46086.

## ÚVOD

Kvasinky a kvasinkové kultury patří v současné době mezi nejrozšířenější mikrobiální krmná aditiva podávaná dojnícím. Jejich úkolem je ovlivnit bacherovou fermentaci žádoucím směrem, protože optimálně fungující bacher je klíčovou podmínkou vysoké užitkovosti a produkčního zdraví zvířat.

Výsledky dosavadních studií vlivu kvasinek na bacherovou fermentaci a užitkovost zvířat jsou ale často rozporuplné a nekonzistentní. Největší přínos kvasinkových kultur spočívá pravděpodobně v podpoře růstu a aktivity anaerobních, a zejména celulolytických, bakterií. Kvasinky využívají zbytkový kyslík v bacheru, který se do něho dostává především s krmivem, a udržují tak anaerobní prostředí (Calsamiglia et al., 2006; Wallace 1996). Navíc, odbouráváním lehce rozpustných cukrů kvasinkové kultury regulují rychlost fermentace a protože také stimulují bakterie využívající laktát, podílí se na stabilizaci pH v bacheru a omezují jeho kolísání v průběhu dne (Calsamiglia et al., 2006; Chaucheyras et al., 1995; Sauvant et al., 2007; Wallace, 1996; Williams et al., 1991). V důsledku zvýšené celulolytické aktivity v bacheru, často společně se zvýšením příjmu sušiny, se pak zvířeti dostává více živin i energie, umožňující zvýšení mléčné produkce. Řada autorů však nezaznamenala žádný pozitivní vliv kvasinkových kultur na příjem sušiny nebo na produkci a složení mléka u dojnic (Besong et al., 1997; Cooke et al., 2007; Dann et al., 2000; Soder a Holden, 1999; a další) a vliv kvasinek na zlepšenou stravitelnost krmiv je rovněž sporný. Novější výzkumy naznačují, že kvasinky produkují nízkomolekulární peptidy, které stimulují některé druhy bacherových bakterií (Denev et al., 2007; Girard a Dawson, 1995).

Při zařazení kvasinek do krmné dávky dojnic je však třeba věnovat pozornost výběru vhodného typu preparátu, protože ne všechny kvasinkové kmeny jsou schopny stimulovat bacherové trávení (Denev et al., 2007, Kutasi, et al., 2004, Newbold et al., 1996, Pinos-Rodríguez et al., 2008) a účinnost dané kultury dále závisí na podmínkách kultivace, koncentraci živých kvasinkových buněk (cfu) a dávce preparátu (Doležal, 2004).

Cílem experimentu bylo otestovat vliv kvasinkové kultury na stravitelnost organické hmoty vybraných krmiv *in vitro* a v dalším pokusu byl testován vliv dvou rozdílných kmenů *Saccharomyces cerevisiae* v krmné dávce vysokoužitových dojnic na příjem sušiny, mléčnou užitkovost a fyziologický stav.

## MATERIÁL A METODIKA

### Studium vlivu kvasinek na stravitelnost organické hmoty vybraných krmiv *in vitro*

Vzorky kukuřičné siláže, vojtěškové siláže a směsných krmných dávek (TMR) o navážce 0,25 g byly inkubovány v přístroji Daisy<sup>1</sup> Incubator. Do dígesčních nádob přístroje byl přidán termostabilní kvasinkový preparát Biosaf Sc47 v odstupňovaném dávkování 0; 0,4; 0,6 a 0,8 g. Po inkubaci v bacherové tekutině byla u vzorků stanovena neutrálně detergentní vláknina (NDF). Následně se vypočetla *in vitro* skutečná stravitelnost (IVTD) v původní hmotě a v sušině. Vedle stravitelnosti v bacherové tekutině byla u stejných druhů krmiv stanovena *in vitro* stravitelnost sušiny (DMD) a organické hmoty (OMD) prostřednictvím enzymů pepsin-celulázovou metodou.

## Testování vlivu kvasinek na příjem sušiny a mléčnou užitkovost

Do pokusu bylo zařazeno 24 kusů dojnic holštýnského (15) a českého strakatého (9) plemene, které byly rozděleny do tří vyrovnaných skupin s ohledem na užitkovost, pořadí laktace, plemeno, živou hmotnost, apod. Na začátku pokusu byly dojnice průměrně 56 dní po otelení. Pokusné období trvalo 84 dnů. Krávy byly ustájeny volně v experimentální stáji vybavené počítačově řízenými krmnými boxy (RIC system). Pokusná skupina dojnic B dostávala v krmné dávce přípravek Biosaf Sc47 (s min. obsahem  $8 \times 10^9$  CFU/g) v dávce 4 g/ks/den a pokusná skupina L přijímala doplněk Levucell Sc1020 (min. obsah  $2 \times 10^{10}$  CFU/g) v dávce 0,5 g/ks/den. Třetí, kontrolní skupina dojnic (K) žádný kvasinkový doplněk nedostávala. Dojnice byly krmeny 4x denně směsounou krmnou dávkou založenou na kukuřičné a vojtěškové siláži. Krmné dávky se zkrmovaly *ad libitum*. Zbytky byly vybírány po každém krmení. Krávy byly 2x denně dojeny v dojárně. V průběhu pokusu se sledovala spotřeba krmiv, resp. sušiny a průběh živé hmotnosti, kdy dojnice byly váženy po každém dojení. Vzorky mléka se odebíraly 1x týdně a byly analyzovány na obsah základních složek (tuku, bílkovin, laktózy a močoviny) a dále byla 3x v průběhu pokusu od všech dojnic jícní sondou odebrána bachorová tekutina a krev z ocasní žíly. V bachorové tekutině byla stanovena koncentrace těkavých mastných kyselin, pH a koncentrace amoniaku. U všech skupin byla sledována aktivita celulasy a počty nálevníků v bachorové tekutině. Analýzou krevní plazmy byly zjištěny koncentrace glukózy, celkových bílkovin, močoviny, cholesterolu, neesterifikovaných mastných kyselin (NEFA), Ca, P a Mg.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Průměrná *in vitro* stravitelnost v bachorové tekutině (IVTD) u všech druhů krmiv byla nejvyšší v kontrolní skupině (bez přídavku kvasinkové kultury), což se liší s výsledky pokusu Doležal et al. (2007), kteří zaznamenali po přídavku kvasinkové kultury *Saccharomyces cerevisiae* zvýšení *in vitro* stravitelnosti organické hmoty u TMR. Mezi stanovenými hodnotami IVTD, DMD a OMD v kontrolní skupině a s odstupňovaným přídavkem kvasinkové kultury však nebyl nalezen statisticky průkazný rozdíl ( $P > 0,05$ ). Zjištěny byly pouze rozdíly ve stravitelnosti mezi jednotlivými druhy krmiv ( $P < 0,05$ ), což mohlo být ovlivněno více faktory, jako je například chemické složení a způsob konzervace. Jouany (2001) konstatoval, že pozitivní vliv kvasinek spočívá spíše ve zvýšení příjmu sušiny, než ve zlepšení stravitelnosti.

Tab. 1 Průměrná *in vitro* stravitelnost kukuřičné siláže v bachorové tekutině (IVTD<sub>p,h</sub>) a pepsin-celulázovou metodou (DMD a OMD) (%)

Přídavek kvasinek	IVTD p.h.	DMD	OMD
0 g	84,50	81,51	79,69
0,2 g	84,07	79,25	77,40
0,4 g	82,64	81,19	80,42
0,8 g	82,87	80,13	78,33

Tab. 2 Průměrná *in vitro* stravitelnost vojtěškové siláže v bacherové tekutině (IVTD<sub>p.h.</sub> a pepsin-celulázovou metodou (DMD a OMD) (%)

Přídavek kvasinek	IVTD p.h.	DMD	OMD
0 g	77,71	86,71	84,46
0,2 g	76,77	86,80	84,58
0,4 g	77,13	86,54	84,35
0,8 g	76,41	86,34	84,00

Tab. 3 Průměrná *in vitro* stravitelnost TMR v bacherové tekutině (IVTD<sub>p.h.</sub> a pepsin-celulázovou metodou (DMD a OMD) (%)

Přídavek kvasinek	IVTD p.h.	DMD	OMD
0 g	82,63	86,44	85,55
0,2 g	82,04	86,15	85,14
0,4 g	81,63	85,14	84,20
0,8 g	81,04	85,88	84,96

Zařazení kvasinkových kultur do krmných dávek dojníc nevedlo ke zvýšení příjmu krmiv. Nejvyšší průměrný denní příjem sušiny (22, 80 kg/ks/den) vykázaly kontrolní dojnice (K), následovaly dojnice skupiny B s přídavkem kvasinkové kultury Sc1020 (22, 79 kg/ks/den) a nejnižší spotřebu sušiny měly dojnice ve skupině L s doplňkem Sc47 (22, 44 kg/ks/den). Rozdíly mezi skupinami nebyly statisticky průkazné ( $P > 0,05$ ). Desnoyers et al. (2009), kteří porovnávali ve své srovnávací studii kvantitativní vlivy živých kvasinek na příjem krmiva, mléčnou produkci a bacherovou fermentaci, a i další autoři (např. Calsamiglia et al., 2006; Harrison et al., 2006; Nocek et al., 2001; Wallace, 1996) zaznamenali zvýšení příjmu sušiny, ale v jiných experimentech, podobně jako v tomto pokusu, žádný pozitivní vliv kvasinkových kultur na příjem sušiny prokázán nebyl (Alshaikh et al., 2002; Garg et al., 2000; Soder a Holden, 1999; a další). Rozdílný příjem sušiny neprůkazně ( $P > 0,05$ ) ovlivnil i příjem jednotlivých živin.

Ačkoli přídavek kvasinek nevedl ke zvýšení příjmu krmiva, projevil se na zlepšení mléčné užitkovosti, jak zaznamenali také Alshaikh et al. (2002) nebo Garg et al. (2000). Pokusná skupina L nadojila v průměru denně o 1,12 kg a skupina B o 0,73 kg mléka více než-li kontrolní skupina K ( $P < 0,05$ ). Rozdíly v dojivosti mezi pokusnými skupinami statisticky průkazné nebyly ( $P > 0,05$ ). Průkazné rozdíly ( $P < 0,05$ ) mezi oběma pokusnými skupinami a mezi kontrolní skupinou a skupinou B však byly zaznamenány v produkci FCM. Nejvyšší tučnost mléka, obsah laktózy a koncentrace močoviny byla zjištěna u kontrolní skupiny. Neprojevila se zde tedy tendence ke zvýšení obsahu mléčného tuku, kterou uvádí Cooke et al. (2007) a Desnoyers et al. (2009). Významné ( $P < 0,05$  až 0,001) byly zejména rozdíly ve složení mléka u pokusné skupiny B oproti kontrole. Skupina B vykázala kromě nejnižšího obsahu a produkce tuku i nejnižší produkci FCM, nejnižší obsah

bílkovin, nejnižší obsah laktózy a současně nejnižší koncentraci močoviny. Koncentrace močoviny v mléce byla u všech skupin v rámci fyziologického rozpětí.

Aktivita celulas v bacheru byla u kontrolní skupiny na průměrné úrovni 8,922  $\mu\text{mol/ml/hod}$ , zatímco u skupiny L 12,596  $\mu\text{mol/ml/hod}$  a u skupiny B 12,986  $\mu\text{mol/ml/hod}$ . Počet nálevníků v bacherové tekutině nebyl v pokusu ovlivněn, což konstatoval také Kamra et al. (2002). Zaznamenané hodnoty bacherové tekutiny byly většinou v rámci fyziologických hodnot a s výjimkou koncentrace amoniaku nebyly mezi nimi nalezeny statisticky významné rozdíly. V případě koncentrace  $\text{NH}_3$  v bacherové tekutině byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ( $P < 0,05$ ) u obou kmenů *Saccharomyces cerevisiae*, i když se zde mohl projevit i snížený příjem N-látek v krmné dávce oproti kontrolní skupině. Lepší využití  $\text{NH}_3$  s následnou zvýšenou mikrobiální syntézou bílkovin po přidavku kvasinek uvádí Denev et al. (2007). Acidita bacherové tekutiny byla jen nepatrně nižší u pokusných skupin, účinek kvasinek na stabilizaci bacherového pH, který udávají například Desnoyers et al. (2009) a Mwenya et al. (2004), se tedy v tomto pokusu výrazněji neprojevil. Desnoyers et al. (2009) a i další autoři konstatují, že pozitivní vliv přidavku kvasinek na bacherové pH stoupá s vyšším zastoupením koncentrátů v dietě a s hladinou příjmu sušiny.

U hodnot krevního séra nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi kontrolní a pokusnými skupinami.

Tab. 4 Průměrné hodnoty ukazatelů mléčné užitkovosti

Ukazatel	Skupina		
	K	B	L
Produkce mléka [kg/ks/den]	28,06	28,79	29,18
Obsah tuku [%]	4,34	3,69	4,00
Produkce tuku [kg/ks/den]	1,22	1,06	1,17
Produkce FCM [kg/ks/den]	29,53	27,41	29,18
Obsah bílkovin [%]	3,48	3,32	3,52
Produkce bílkovin [kg/ks/den]	0,98	0,96	1,03
Obsah laktózy [%]	4,84	4,76	4,79
Produkce laktózy [kg/ks/den]	1,36	1,37	1,40
Obsah močoviny [mmol/l]	4,32	3,93	4,17

Tab. 5 Průměrné hodnoty ukazatelů bacherové tekutiny

Ukazatel	Skupina		
	K	B	L
pH	6,51	6,54	6,57
Kys. octová	63,35	59,62	55,65
Kys. propionová	28,90	26,84	27,27
Kys. máselná	18,73	17,13	16,87
Celkové těkavé mastné kyseliny [mmol/l]	111,69	104,26	98,40
NH <sub>3</sub> [mmol/l]	19,69	17,06	15,79

Tab. 6 Průměrné hodnoty ukazatelů krevního séra

Ukazatel	Skupina		
	K	B	L
Glukóza [mmol/l]	3,50	3,63	3,51
Celkové bílkoviny [g/l]	68,77	70,34	66,80
Močovina [mmol/l]	5,62	5,24	5,50
Celkové lipidy [g/l]	3,99	4,30	4,68
Cholesterol [mmol/l]	3,51	3,69	3,91
NEFA [mmol/l]	0,21	0,27	0,25

## ZÁVĚR

V provedených laboratorních pokusech nebyl prokázán vliv přídavku kvasinkové kultury na *in vitro* stravitelnost organické hmoty kukuřičné siláže, vojtěškové siláže a TMR.

Přídavek kvasinkových kultur v krmné dávce dojnic nezvýšil příjem sušiny, ale měl pozitivní vliv na zvýšení průměrného denního nádoje mléka ( $P < 0,05$ ). Současně však došlo ke snížení koncentrace mléčného tuku a u skupiny B i bílkovin v mléce oproti kontrolní skupině. Při porovnání účinku obou testovaných kvasinkových kultur na mléčnou užitkovost se výhodněji, zejména ve vyšší produkci FCM ( $P < 0,05$ ), projevila varianta kvasinkového kmene Sc1020, zkrmovaná u pokusné skupiny L. Přídavek kvasinkových kultur se projevil ve vyšší aktivitě celulas v bacheru a snížení koncentrace NH<sub>3</sub> ( $P < 0,05$ ). Ostatní zaznamenané hodnoty bacherové tekutiny a krevního séra byly většinou v rámci fyziologických hodnot a nebyl mezi nimi významný rozdíl.

## LITERATURA

Alshaikh, M. A., Alsiadi, M. Y., Zahran, S. M., Mogawer, H. H., Aalshowime, T. A. (2002): Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating holstein cows in Saudi Arabia. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 15: 352-356.

Bach, A., Iglesias, C., Devant, M. (2007): Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, 136(1-2): 146-153.

Besong, S., Jackson, J. A., Hicks, C. L., Hemken R. W. (1997): Effects of a supplemental liquid yeast product on feed intake, ruminal profiles, and yield, composition, and organoleptic characteristics of milk from lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 79: 1654-1658.

Calsamiglia, S., Castillejos, L., Busquet, M. (2006): Alternatives to antimicrobial growth promoters in cattle. In Garnworthy, P. C., Wiseman, J. *Recent advances in animal nutrition 2005*. Nottingham, s. 129-167.

Cooke, K. M., Bernard, J. K., West J. W. (2007): Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed coated with gelatinized starch plus urea or yeast culture. *J. Dairy Sci.*, 90: 360-364.

Dann, H. M., Drackley, J. K., McCoy, G. C., Hutjens, M. F., Garrett, J. E. (2000): Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 83: 123-127.

Denev, S. A., Peeva, Tz., Radulova, P., Stancheva, N., Staykova, G., Beev, G., Todorova, P., Tchobanova, S. (2007): Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 13: 357-374.

Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., Sauvant, D. (2007): Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.*, 92: 1620-1632.

Doležal, J. (2004): Vliv termostabilního koncentráту na bázi *Sacharomyces cerevisiae* (SC-47) na užítkovost a vybrané ukazatele bachorové fermentace krav. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Doležal, J., Doležal, P., Vyskočil, I. (2007): Vliv přídatku kvasinkové kultury na in vitro stravitelnost organické hmoty směsných krmných dávek. In *Výživa dojníc a kvalita mléka (ekologické, zdravotní a hygienické faktory kvality a bezpečnosti mléka jako suroviny a potraviny)*. 1. vyd. Pohořelice, s. 57-61.

Garg M. R., Siddiqui, M. U., Singh, D. K., Bhandari, B. M. (2000): Effect of supplementing Yea Sacc-1026 in ration of Holstein Friesian cows on milk production. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 17(2): 175-177.

Girard, I. D. and K. A. Dawson. (1995): Stimulatory activities from low-molecular weight fractions derived from *Saccharomyces cerevisiae* strain 1026. 23rd Biennial Conference on Rumen Function, Chicago, Illinois.

Chaucheyras, F., Fonty, G., Bertin, G., Salmon, J. M., Gouet, P. (1995): Effects of a strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SC), a microbial additive for ruminants, on lactate metabolism in vitro. *Can. J. Microbiol.*, 42: 927-933.

Jouany, J. P. (2006): Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science*, 96: 250-264.

Jouany, J. P. (2001): A new look at yeast cultures as probiotics for ruminants. *Feed Mix*, 9: 17-19.

Kamra, D. N., Chaudhary, L. C., Agarwal, N., Singh, R., Pathak, N. N. (2002): Growth performance, nutrient utilization, rumen fermentation and enzyme activities in calves fed on *Saccharomyces cerevisiae* supplemented diet, *Indian Journal of Animal Sciences*, 72: 472-475.

Kutasi, J., Jurkovich, V., Brydl, E., Könyves, L., Tirián, A. E.; Bata, Á. (2004): Influence of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the oxygen concentration in the rumen fluid. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13: 131-134.

McGilliard, M. L., Stallings, C. C. (1998): Increase in milk yield of commercial dairy herds fed a microbial and enzyme supplement. *Journal of Dairy Science* 81(5): 1353-1357.

Mwenya, B., Santoso, B., Sar, C., Pen, B., Morikawa, R., Takaura, K., Umetsu, K., Kimura, K., Takahashi, J. (2005): Effects of yeast culture and galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation in holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 88: 1404-1412.

Newbold, C. J., Wallace, R. J., McIntosh F. M. (1996): Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *Brit. J. Nutr.*, 76: 249-261.

Nocek, J. E., Kautz, W. P., Leedle, J. A. Z., Block, E. (2003): Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period. *J. Dairy Sci.*, 86: 331-335.

Pinos-Rodríguez, J. M., Robinson, P. H., Ortega, M. E. Berry, S. L., Mendoza, G., Bárcena, R. (2008): Performance and rumen fermentation of dairy calves supplemented with *Saccharomyces cerevisiae* or *Saccharomyces boulardii*. *Animal Feed Science and Technology*, 140: 223-232.

Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Schmidely, P. (2007): Rumen acidosis: modeling ruminant response to yeast culture [online]. [cit. 15/09/2009]. Dostupné na: <[http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/articles/rumen-acidosis-modeling-ruminant\\_378.htm](http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/articles/rumen-acidosis-modeling-ruminant_378.htm)>

Soder, K. J., Holden, L. A. (1999): Dry matter intake and milk yield and composition of cows fed yeast prepartum and postpartum. *J. Dairy Sci.*, 82: 605-610.

Tang, S. X., Tayo, G. O., Tan, Z. L., Sun, z. H., Shen, L. X., Zholu, C. S., Xiao, w. J., Ren, G. P., Han, X. F., Shen, S. B. (2008): Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on in vitro fermentation characteristics of low-quality cereal straws. *J. Anim. Sci.*, 86: 1164 -1172.

Tóthová, Z. (2008): Uplatnění in vitro techniky ke stanovení stravitelnosti vlákninového komplexu. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Wallace, R. J. (1996): The mode of action of yeast culture in modifying rumen fermentation. In Lyons, T. P., Jacques, K. A. *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alltech's Twelfth Annual Symposium*. 1. vyd. Nottingham, s. 217-232.



Williams, P. E., Tait, C. A., Innes, G. M., Newbold, C. J. (1991): Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.*, 69: 3016-3026.

Wohlt, J. E., Corcione, T. T., Zajac, P. K. (1998): Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 81: 1345-1352.