

# CHANGES OF CRUDE PROTEIN CONTENT IN MALTING BARLEY INFLUENCED BY POST-HARVEST RIPENING

## ZMENY V OBSAHU HRUBÉHO PROTEÍNU V SLADOVNÍCKOM JAČMENI VPLYVOM POZBEROVÉHO DOZRIEVANIA

M. LÍŠKOVÁ<sup>1</sup>, H. FRANČÁKOVÁ, J. MAREČEK

<sup>1</sup>The Slovak University of Agriculture, Department of Storing and Processing of Plant Products, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovak Republic, phone: +421 376 414 779, e-mail: [miriam.liskova@uniag.sk](mailto:miriam.liskova@uniag.sk)

### ABSTRACT

Aim of this experiment was to investigate to what extent post-harvest ripening and growing locality influenced changes of crude protein content in malting barley and values of Kolbach index in malt. Results revealed that already in the sixth week after harvest, amount of crude protein decreased and amount of Kolbach index increased, due to post-harvest ripening. Moreover climatic conditions during vegetation and harvest as well as the growing locality significantly influenced ( $P < 0.001$ ) the amount of crude protein. Higher amount of crude protein was measured in barley from locality Jakubovany which is situated in colder growing area in comparison with localities Sládkovičovo and Veľké Ripňany which are situated in arid growing areas.

**Keywords:** barley, crude protein, post-harvest ripening, malt, Kolbach index

### ABSTRAKT

Cieľom práce bolo zistiť vplyv pozberového dozrievania a pestovateľskej lokality na zmeny v obsahu hrubého proteínu v zrne jačmeňa a Kolbachovho čísla v slade. Výsledky ukázali, že v priebehu pozberového dozrievania, už v šiestom týždni po zbere, hodnoty hrubého proteínu poklesli a hodnoty Kolbachovho čísla vzrástli. Klimatické podmienky počas vegetácie a počas žatvy ako aj pestovateľská lokalita preukazne ( $P < 0,001$ ) ovplyvnili obsah hrubého proteínu. Vyšší obsah hrubého proteínu bol nameraný u jačmeňov pochádzajúcich z lokality Jakubovany, ktorá sa nachádza v chladnejšej výrobnnej oblasti v porovnaní s lokalitami Sládkovičovo a Veľké Ripňany, ktoré sa nachádzajú v aridnejších klimatických podmienkach.

**Kľúčové slová:** jačmeň, hrubý proteín, pozberové dozrievanie, slad, Kolbachovo číslo

## DETAILED ABSTRACT

Crude protein has fundamental and technological importance in processing the barley to malt, in the process of fermentation, beer foaming, taste and stability of beer. Crude protein content is generally recognized as the most important indicator of the malting barley processing value. The ideal crude protein content in malting barley should be around 9 - 11%. Higher amount of crude protein reduces starch content and extract and on the other hand enormously low crude protein content is reflected in deficiencies of taste and beer foaming.

Following that, the aim of this experiment was to determine to what extent post-harvest ripening and the growing locality affected the changes of crude protein content in malting barley and values of Kolbach index in malt. Moreover this work solves correlation relations between selected barley technological parameters and barley physiological parameters as well as malt technological parameters.

Samples of spring malting barley genotypes SK 5734, SK 5374, SK 5976 and the Nitran variety (categorized as control variety) were obtained from different climatic and growing localities of Slovakia (table 1, 2, 3): Sládkovičovo (corn production area), Veľké Ripňany (sugar beet production area) and Jakubovany (potato production area). To analyze the process of post-harvest ripening, samples were analyzed in the second, sixth and twenty-fifth week after harvest. From barely physiological parameters, the germination energy was determined according to (EBC 3.6.2) [8] and from barley technological parameters, the crude protein, Kolbach index, extract and relative extract at 45°C were determined according to (Pivovarsko – sladářska analytika, Basařová, 1992) [3]. Technological parameters were determined after samples were malted in the trial malt-house. The statistical analysis of the data was performed by using statistical method Statistical Analyses System (SAS). Data were analyzed by analyses of variance (ANOVA) and correlation relations were analyzed by Person's correlation coefficient.

Results revealed that already in the sixth week and later in the twenty-fifth week after harvest, amount of crude protein decreased and amount of Kolbach index increased, due to post-harvest ripening. Moreover climatic conditions during vegetation and harvest as well as the growing locality significantly influenced ( $P < 0.001$ ) post-harvest ripening of barley. Amount of crude protein was higher in barley from locality Jakubovany which is situated in colder growing area in comparison with localities Sládkovičovo and Veľké Ripňany which are situated in arid growing areas. Furthermore in this experiment, the dependence of crude protein and Kolbach index in relation to physiological parameters of barley grain (germination energy) and technological parameters of malt (extract and relative extract at 45°C), were examined. The results showed that crude protein significantly negatively correlated with the germination energy ( $r = -0.52$ ). It indicates that the decreasing values of crude protein increase values of germination energy. Kolbach index significantly positively correlated with the extract ( $r = 0.78$ ) and relative extract at 45°C ( $r = 0.55$ ). This

indicates that with increasing values of Kolbach index rise values of extract and relative extract at 45°C which is eligible for the process of malting.

On the basis of obtained results can be concluded that the post-harvest ripening during barley storage contributes to the reduction of crude protein content in malting barley and an increase of Kolbach index values in malt. The results also confirmed that the choice of growing locality is important. Growing locality significantly affects the value of crude protein of malting barley and values of Kolbach index in malt. The best localities are humid and less suitable are arid localities where there is presumption of higher crude protein accumulation in barley grain.

## Úvod

Dusíkaté látky sú nosičmi biologických zmien a majú zásadný technologický význam v spracovateľnosti jačmeňa na slad, v pomnožení kvasníc, pri kvasení, v penivosti, chuti a stabilite piva. V priebehu sladovania sú dusíkaté látky degradované na aminokyseliny a peptidy, ktoré poskytujú dostatok živín potrebných pre činnosť pivovarských kvasiniek [10].

Degradácia dusíkatých látok sa posudzuje podľa úrovne rozlúštenia sladu, ktorá sa v pivovarníctve vyjadruje ako Kolbachovo číslo (rozpuštný dusík/celkový dusík) [11]. Obsah hrubého proteínu je všeobecne uznávaný ako najdôležitejší ukazovateľ spracovateľskej hodnoty sladovníckeho jačmeňa [16, 17]. Ideálny obsah hrubého proteínu v sladovníckom jačmeni by sa mal pohybovať okolo 10,7 %. Pokiaľ je dostatočný výber, prijíma sa do sladovní iba jačmeň s 9 % - 11 % obsahom bielkovín. Vysoký obsah hrubého proteínu znižuje obsah škrobu a extraktu a naopak enormne nízky obsah hrubého proteínu sa prejavuje nedostatkami chuti a penivosti piva.

Obsah hrubého proteínu v jačmeni môže negatívne korelovať s fyziologickým parametrom zrna ako je rýchlosť klíčenia. Pomocou rýchlosti klíčenia je možné zachytiť priebeh pozberového dozrievania [14]. Stanoviť hĺbku pozberového dozrievania je obtiažne. Niektorí autori preto doporučujú stanoviť hĺbku pozberového dozrievania na základe hodnôt rýchlosti a energie klíčenia. Energia klíčenia indikuje dĺžku pozberového dozrievania zrna a udáva, či bude zrno schopné klíčiť počas sladovania [19].

Obsah bielkovín v jačmeni môže byť značne ovplyvnený aj vonkajšími podmienkami predovšetkým ročníkom, predplodinou a úrovňou dusíkového hnojenia. V ročníkoch s priaznivým priebehom poveternostných podmienok sa v zrne pozastaví hlavne tvorba sacharidov a zrno sa stáva bohaté na dusíkaté, hlavne nebielkovinové látky [13]. Podľa viacerých autorov obsah hrubého proteínu sa nedá ovplyvniť výberom

odrody, lebo viac ako 80 % premenlivosti tohto znaku je ovplyvnený agroekologickými podmienkami ročníka [15, 6, 7].

V nadväznosti na uvedené, cieľom príspevku bolo zistiť, v akom rozsahu pozberové dozrievanie a pestovateľská lokalita ovplyvňujú zmeny v obsahu hrubého proteínu v sladovníckom jačmeni a hodnoty Kolbachovho čísla v slade. Bola skúmaná aj závislosť hrubého proteínu a Kolbachovho čísla od vybraných fyziologických parametrov zrna a technologických parametrov sladu.

## Materiál a metodika

V práci sa hodnotili štyri genotypy jačmeňa jarného sladovníckeho SK 5734, SK 5374, SK 5976 a kontrolná odroda Nitran, pochádzajúce z troch klimaticky odlišných lokalít - skúšobných staníc (tabuľka 1, 2, 3): Sládkovičovo (kukuričná výrobná oblasť), Veľké Ripňany (repná výrobná oblasť) a Jakubovany (zemiakarská výrobná oblasť). Pre zachytenie priebehu pozberového dozrievania boli jačmene analyzované druhý, šiesty a dvadsiaty piaty týždeň po zbere. Pre stanovenie technologických parametrov sladu boli vzorky zosladované v mikrosladovni na šľachtiteľskej stanici Hordeum Sládkovičovo s.r.o. Z fyziologických ukazovateľov sa analyzovala energia klíčenia podľa (EBC 3.6.2) [8] a z technologických ukazovateľov sa analyzovali hrubý proteín, Kolbachovo číslo, extrakt a relatívny extrakt pri 45°C podľa (Pivovarsko – sladárská analytika, Basařová, 1992) [3].

Získané výsledky sa štatisticky vyhodnotili matematicko-štatistickou metódou s použitím programu SAS. Na porovnanie priemerov základného súboru sa použila viacfaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a korelačné vzťahy sa posúdili Pearsonovým koeficientom korelácie.

## Výsledky a diskusia

Experimentálny rok sa vyznačoval prevahou aridných podmienok v čase dozrievania (tabuľka 1), čo bolo zrejme jednou z príčin vysokého obsahu hrubého proteínu (HP) pri genotypoch pochádzajúcich zo stanice Sládkovičovo. Z pohľadu lokality, najvyšší obsah HP (14,1 %) druhý týždeň po zbere, bol nameraný u genotypov zo stanice Sládkovičovo (tabuľka 4). Zrno s takýmto vysokým obsahom HP nie je pre sladovnícke účely akceptovateľné. Vysokodusíkaté jačmene nie sú vhodné pre sladovnícke použitie, pretože znižujú obsah škrobu v jačmeni, predlžujú čas sladovania, znižujú úroveň modifikácie endospermu a okrem toho väčšie množstvo rozpustného dusíka zvyšuje tvorbu zákalu [9]. Na stanici Jakubovany bol priebeh zrážok opačný (tabuľka 3). Najnižší obsah HP (9,4 %), bol nameraný pri genotypoch zo stanice Jakubovany (tabuľka 4). Na druhej strane, jačmene s nízkym obsahom dusíka uľahčujú sladovanie, poskytujú vysokú úroveň modifikácie endospermu a dávajú vysoké množstvo extraktu [1]. Vplyvom pozberového dozrievania šiesty týždeň po zbere, obsah HP pri všetkých genotypoch zo skúšobných lokalít mierne poklesol (tabuľka 4). Z pohľadu lokality sa najvyšší obsah HP nameral na stanici Sládkovičovo (13,2 %) a

Tabuľka 1 Klimatické podmienky na stanici Sládkovičovo  
Table 1 Climatic conditions at locality Sládkovičovo

Mesiace/Months	Jan.	Feb.	Mar.	Ap.	Máj	Jún	Júl	
Zrážky skutočnosť (mm)/	27,4	45,6	3,6	53,6	32,7	45,4	89,3	42,5
Rainfall real (mm)								
Zrážky normál (mm)/	26,5	27,6	25,4	31,6	49,3	66,6	57,5	40,6
Rainfall normal (mm)								
Teplota skutočnosť (°C)/	0,39	-1,68	3,79	11,35	15,73	18,02	19,76	9,6
Temperature real (°C)								
Teplota normál (°C)/								
Temperature normal (°C)	-1,28	1,18	5,19	11,16	16,37	19,32	21,13	10,4

Tabuľka 2 Klimatické podmienky na stanici Veľké Ripňany  
Table 2 Climatic conditions at locality Veľké Ripňany

Mesiace/Months	Jan.	Feb.	Mar.	Ap.	Máj	Jún	Júl	
Zrážky skutočnosť (mm)/	47,1	69,1	5,6	58,5	40,1	34,6	60,1	45
Rainfall real (mm)								
Zrážky normál (mm)/	35	34	31	41	55	70	77	49
Rainfall normal (mm)								
Teplota skutočnosť (°C)/	-0,2	-2,9	2,4	11,5	16,1	19,1	21	9,6
Temperature real (°C)								
Teplota normál (°C)/								
Temperature normal (°C)	-2,2	-0,3	4,2	10	15,2	18,4	20,3	9,4

Tabuľka 3 Klimatické podmienky na stanici Jakubovany  
Table 3 Climatic conditions at locality Jakubovany

Mesiace/Months	Jan.	Feb.	Mar.	Ap.	Máj	Jún	Júl	
Zrážky skutočnosť (mm)/	31,9	42,4	11,6	88,7	82,8	101,3	116,2	67,8
Rainfall real (mm)								
Zrážky normál (mm)/	28	25	26	39	62	80	88	49,7
Rainfall normal (mm)								
Teplota skutočnosť (°C)/	-2,7	-2,7	0,7	9,6	14,2	16,7	19,4	7,9
Temperature real (°C)								
Teplota normál (°C)/								
Temperature normal (°C)	-4,4	-2,8	2,2	7,9	13,5	16,3	17,9	7,2

najnižší (9,3 %) na stanici Jakubovany (tabuľka 4). Pozberovým dozrievaním, dvadsiaty piaty týždeň po zbere, sa obsah HP pri jednotlivých genotypoch výrazne nemenil (tabuľka 4). Zistilo sa, že štatisticky vysoko preukazný ( $P < 0,01$ ) bol vplyv lokality na obsah HP v zrne jačmeňa (tabuľka 5, 6). Štatistická závislosť sa potvrdila medzi všetkými testovanými lokalitami. Z pohľadu lokality preukazne najvyšší obsah HP bol zaznamenaný na stanici Sládkovičovo a najnižší na stanici Jakubovany (tabuľka 5, 6). Podobným výsledkom pri hodnotení HP z pohľadu lokality dospeli aj iní autori [9]. Poveternostné podmienky (predovšetkým dlhé sucha) môžu byť príčinou zvýšenia obsahu dusíkatých látok v obilkách jačmeňa [12], čo sa potvrdilo i z výsledkov našej práce. Suma zrážok v priebehu vegetácie bola na stanici Sládkovičovo v mesiacoch máj a jún pod normál (tabuľka 1), naopak na stanici Jakubovany sa pohybovala nad normál (tabuľka 3).

Kolbachovo číslo dáva obraz o proteolýze počas klíčenia zrna jačmeňa. Pre sladovnícke účely by sa hodnoty Kolbachovho čísla (KČ) mali pohybovať v rozmedzí 39 - 44 %. Výrazne vyššie a nižšie hodnoty sú nežiaduce. Kvôli vzostupe syntézy proteázy v procese klíčenia sa skladovaním zvyšuje schopnosť zrna hydrolyzovať proteíny počas sladovania [2]. Z pohľadu lokality, druhý týždeň po zbere boli najvyššie hodnoty Kolbachovho čísla (38,7 %) namerané u genotypov zo stanice Jakubovany (tabuľka 4). Naopak najnižšie hodnoty KČ (34,5 %) boli namerané u genotypov zo stanice Sládkovičovo (tabuľka 4). V druhom týždni po zbere ani jeden genotyp nesplnil požiadavky na KČ. Hodnoty KČ sa vplyvom pozberového dozrievania postupne zvyšovali. Z pohľadu lokality, šiesty týždeň po zbere, boli najvyššie hodnoty Kolbachovho čísla, namerané u genotypov zo stanice Veľké Ripňany (39,8 %) a naopak najnižšie (37,0 %) u genotypov zo stanice Sládkovičovo



(tabuľka 4). Pozberové dozrievanie napomohlo k výraznému zvýšeniu hodnôt KČ v dvadsiatom piatom týždni po zbere. Z pohľadu lokality, boli najvyššie hodnoty KČ namerané pri genotypoch zo stanice Jakubovany a Veľké Ripňany (44,0 - 44,1 %) a najnižšie (41,7 %) pri genotypoch zo stanice Sládkovičovo (tabuľka 4). Vplyv lokality na obsah KČ nebol štatisticky preukazný. Zistilo sa, že až v dvadsiatom piatom týždni po zbere, všetky genotypy zo skúmaných staníc dosiahli akceptovateľné hodnoty KČ, pre výrobu kvalitného sladu. Podľa niektorých autorov [18, 2], v priebehu skladovania jačmeňov došlo k zvýšeniu hodnôt Kolbachovho čísla, diastatickej mohutnosti a dosiahnuteľného stupňa prekvasenia.

Tabuľka 4 Zmeny v obsahu hrubého proteínu a Kolbachovho čísla pri jednotlivých genotypoch z pohľadu lokality v 2, 6 a 25 týždni po zbere

Table 4 Changes in crude protein content and Kolbach index with regard to growing locality in the 2nd, 6th and 25th week after harvest

Lokalita/ Locality	Hrubý proteín/Crude protein (%)						Kolbachovo číslo/Kolbach index (%)					
	2. týždeň/ 2. week*		6. týždeň/ 6. week*		25. týždeň/ 25. week*		2. týždeň/ 2. week*		6. týždeň/ 6. week*		25. týždeň/ 25. week*	
Sládkovičovo	14,1	+0,45	13,2	+0,33	13,0	+0,41	34,5	+0,67	37,0	+0,89	41,7	+0,44
Veľké Ripňany	11,5	+0,44	10,5	+0,54	10,4	+0,45	38,3	+0,59	39,8	+0,53	44,1	+0,69
Jakubovany	9,4	+0,27	9,3	+0,24	9,3	+0,41	38,7	+1,03	38,8	+1,34	44,0	+0,91

Legend: \* weeks after harvest; values represent the mean (n=4)+SD.

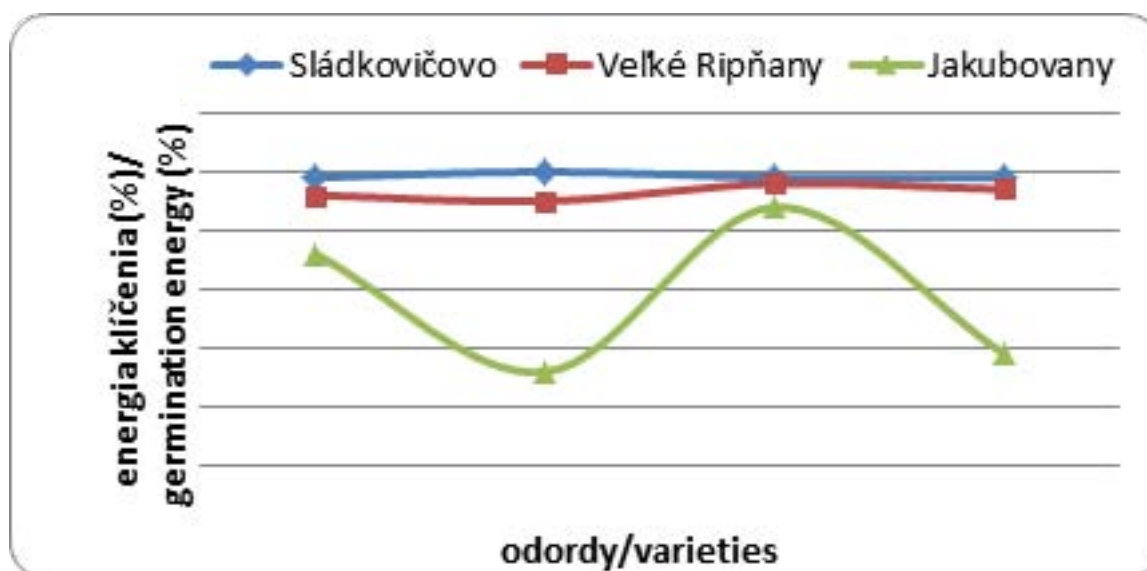
Tabuľka 5 Analýza rozptylu v obsahu hrubého proteínu z pohľadu lokality

Table 5 Analyses of variance of crude protein with regard to locality

Zdroj/ Source	Stupne voľnosti/ Degrees of freedom	Suma štvorcov/ Sum of squares	Priemer štvorcov/ Mean square	F hodnota/ F value	Pr > F
Model/ Model	2	102,5205556	51,2602778	73,20	<,0001

V práci sa ďalej skúmala závislosť hrubého proteínu a Kolbachovho čísla od vybraných fyziologických parametrov zrna jačmeňa (energia klíčenia) a technologických parametrov sladu (extrakt a relatívny extrakt pri 45°). Korelačné vzťahy sa posúdili Pearsonovým korelačným koeficientom. Výsledky ukázali, že hrubý proteín preukazne záporne koreloval s energiou klíčenia ( $r = -0,52$ ) (tabuľka 7). Znamená to, že so znižujúcimi sa hodnotami hrubého proteínu stúpajú hodnoty energie klíčenia. Energia klíčenia je definovaná množstvom vyklíčených zŕn v stanovenom čase. Indikuje dĺžku pozberového dozrievania zrna a udáva, či bude zrno schopné klíčiť počas sladovania [19,4]. Pri všetkých genotypoch zo skúšobných

staníc Sládkovičovo a Velké Ripňany, boli už v druhom týždni po zbere zaznamenané vysoké hodnoty energie klíčenia (95 - 100 %), (graf 1), čo svedčí o vhodnosti jačmeňov na sladovnícke účely. V porovnaní s týmito stanicami bola najnižšia energia klíčenia (66 - 94%) v druhom týždni po zbere zaznamenaná pri genotypoch zo skúšobnej stanice Jakubovany (graf 1). Nízke hodnoty energie klíčenia poukazujú na prítomnosť dormancie pri genotypoch zo stanice Jakubovany. Od druhého týždňa sa energia klíčenia vplyvom pozberového dozrievania u všetkých genotypov postupne zvyšovala.



Graf 1 Energia klíčenia z pohľadu lokality v druhom týždni po zbere

Figure 1 Germination energy with regard to growing locality in the second week after harvest

Kolbachovo číslo sladu preukazuje kladne korelovalo s extraktom ( $r = 0,78$ ) a s relatívnym extraktom pri 45 °C ( $r = 0,55$ ) (tabuľka 4). Znamená to, že so zvyšujúcimi sa hodnotami Kolbachovho čísla stúpajú hodnoty extraktu a relatívneho extraktu pri 45 °C, čo je z hľadiska skladovania žiaduce. Extraktívnosť sladu je daná aktivitou proteolytických a amylolytických enzýmov. V priebehu skladovania klesá aktivita proteolytických enzýmov ako aj aktivita amylolytických enzýmov, avšak tento pokles výrazne nezhoršuje technologickú akosť skladovaných jačmeňov [20]. Relatívny extrakt s dobou pozberového dozrievania stúpa. Extraktívne zložky zo sladu a teda hodnoty extraktu sú ovplyvnené rozsahom degradácie bunkových stien endospermu a modifikáciou bielkovín počas skladovania [5].



Tabuľka 6 Štatistické testovanie preukaznosti rozdielov v obsahu hrubého proteínu z pohľadu lokality  
Table 6 Statistical testing of differences of crude protein with regard to locality

Hladina preukaznosti 0.05 vyjadrená ***/Significance level at the 0.05***			
Porovnanie lokalít/ Localities comparison	LSD test/ LSD test	Tukeyho test/ Tukey test	Scheffeho test/ Scheffe test
2 - 3	2,6750 ***	2,6750***	2,6750 ***
2 - 1	4,0667 ***	4,0667 ***	4,0667 ***
3 - 2	-2,6750 ***	-2,6750***	-2,6750 ***
3 - 1	1,3917 ***	1,3917 ***	1,3917 ***
1 - 2	-4,0667 ***	-4,0667 ***	-4,0667 ***
1 - 3	-1,3917 ***	-1,3917 ***	-1,3917 ***

Legenda/Legend: 1-Sládkovičovo, 2-Veľké Ripňany, 3-Jakubovany (lokalita/locality)

Tabuľka 7 Štatistická závislosť fyziologických a technologických parametrov jačmeňa a sladu hodnotená Pearsonovým koeficientom korelácie  
Table 7 Statistical correlation of physiological barley parameters and technological malt parameters evaluated by Pearson's correlation coefficient

Parametre/ Parameter		Relatívny extrakt 45°C/ Relative extract 45°C	Extrakt/ Extract	Kolbachovo číslo/ Kolbach index	Hrubý proteín/ Crude protein	Energia klíčenia/ Germination energy
Relatívny extrakt 45°C/ Relative extract 45°C	r		0,34341	0,55792	-0,44614	-0,31397
	p	1,00000	0,1004	0,0046	0,0289	0,1352
Extrakt/ Extract	r	0,34341		0,78142	-0,40881	-0,20314
	p	0,1004	1,00000	<,0001	0,0473	0,3411
Kolbachovo číslo/ Kolbach index	r	0,55792	0,78142		-0,39795	-0,23472
	p	0,0046	<,0001	1,00000	0,0541	0,2696
Hrubý proteín/ Crude protein	r	-0,44614	-0,40881	-0,39795		-0,52073
	p	0,0289	0,0473	0,0541	1,00000	0,0091
Energia klíčenia/ Germination energy	r	-0,31397	-0,20314	-0,23472	-0,52073	
	p	0,1352	0,3411	0,2696	0,0091	1,00000

Legenda/Legend: r – korelačný koeficient/correlation coefficient, P – preukaznosť/significance

## Záver

Na základe uvedených výsledkov možno konštatovať, že pozberové dozrievanie počas skladovania jačmeňov napomáha k zníženiu obsahu hrubého proteínu v sladovníckom jačmeni a k zvýšeniu hodnôt Kolbachovho čísla v slade. Výsledky ďalej potvrdili, že dôležitý je aj výber pestovateľskej lokality. Pestovateľská lokalita výrazne ovplyvňuje hodnoty hrubého proteínu sladovníckeho jačmeňa a hodnoty Kolbachovho čísla sladu. Najvhodnejšie sú lokality humídnejšie a menej vhodné sú lokality aridné, kde je predpoklad vyššej kumulácie hrubého proteínu v zrne jačmeňa.

## Literatúra

- [1] Agu R.C., Palmer G.H., The effect of nitrogen level on the performance of malting barley varieties during germination, *Journal of the Institute of Brewing* (2001) 107: 93-98.
- [2] Bamforth C.W., Barclay A.H.P., *Barley Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, 1993.
- [3] Basařová G. et al., *Pivovarsko – sladářska analytika*, Merkanta s. r. o., Praha, 1992.
- [4] Caddic L.P., Shelton S.P., Effect of cooling on the recovery from dormancy in Australian malting barley, *Australian post-harvest technical conference*, Canberra, 1998.
- [5] Collins H.M., Logue S.J., Jefferies S.P., Stuart I.M., Barr A.R., A study of the physical, biochemical and genetic factors influencing malt extract, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Australian Barley Technical Symposium*, Canberra, Australia, 2001.
- [6] Conry M.J., Comparison of early, normal and late sowing at three rates of nitrogen on the yield, grain nitrogen and screenings content of Blenheim spring malting barley in Ireland, *Journal Agricultural Science* (1995) 125: 183–188.
- [7] Conry M.J., Effect of fertilizer N on the grain yield and quality of spring malting barley grown on five contrasting soils in Ireland, *Proc. R. Irish Acad.* (1997) 97: 185–196.
- [8] *European Brewery Convention: Analytica-EBC, EBC-Analysis-Committee ed.* Verlag Hans Carl Getranke-Fachverlag, Nurnberg, Germany, 1998.
- [9] Hrubcová S., *Kvalita sladu v závislosti od kvality biologického materiálu*, SPU, Nitra, 2002.

- [10] Iimure T., Nankaku N., Hirota N., Tiansu Z., Hoki T., Kihara M., Hayashi K., Ito K., Sato K., Construction of a novel beer proteome map and its use in beer quality control, *Food Chemistry* (2010) 118: 566–574.
- [11] Jones B.L., Endoproteases of barley and malt, *Journal of Cereal Science* (2005) 42:139-156.
- [12] Kent N.L., Evers A.D., *Kent's Technology of Cereals*, Elsevier Science Ltd., 1994.
- [13] Kosař K. et al., *Technologie výroby sladu a piva*, VÚPS, Praha, 2000.
- [14] Lekeš J. et al., *Ječmen*, SZN, Praha, 1985.
- [15] Palmer G.H., Malt performance is more related to inhomogeneity of protein and b-glucan breakdown than to standard malt analyses, *J. Inst. Brewing* (2000) 106: 189–192.
- [16] Prokeš J., Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu, *Kvasný průmysl* (2000) 10: 277 – 279.
- [17] Frančáková H., Tóth Ž., *Sladovníctvo a pivovarníctvo*, SPU, Nitra, 2005.
- [18] Psota V., *Dormance odrůd sladovnického ječmene*, ÚKZÚZ, Brno, 1998.
- [19] Reuss R., Casells J., Green J., Willis T., Nischwitz R., The effect of storage conditions on post-harvest maturation and maltability of barley, *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Australian Barley Technical Symposium*, Hobart, Australia, 2006.
- [20] Sychra L., Mareček J., Dlouhodobé skladování sladovnického ječmene a jeho vliv na kvalitu sladu a zrna ječmene, *II. Mezinárodní vědecká konference mladých*, SPU, Nitra, 2000.