

## CONTENT OF $\alpha$ -LINOLENIC AND LINOLEIC ACIDS IN THE GENOTYPES OF LINSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L.) WITH HIGHER AND LOWER CONTENT OF LINOLENIC ACID

Janka Nôžková, Marie Bjelková, Katarína Fatrcová-Šramková, Monika Očenášová

### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the content, variation of total fat (%) and polyunsaturated fatty acids -  $\alpha$ -linolenic acid, linoleic acid (%) in the flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.) with higher and lower content of linolenic acid (improved and advanced cultivars) and in brown and yellow-seeded colour genotypes. Also there was to investigate relationships among contents of two mentioned polyunsaturated fatty acids. Flax genotypes (n=33) grown in locality Vikýřovice in Czech Republic in the years 2006 to 2009. Proportional representation of fatty acids was realized by standard ČSN EN ISO 5508 (Analysis methylesters of fatty acids by gas chromatography). Content of total fat was determined according to internal methodology of Agritec Ltd., which is based on standard ČSN EN ISO 659 (Oil seeds – determination oil content). Within all subgroups of flax genotypes was significantly confirmed normal distribution by normality tests. The total fat content increased in the following order: genotypes with higher content and genotypes with lower content of linolenic acid. The content of  $\alpha$ -linolenic acid was higher in the genotypes with higher content of linolenic acid (31.9 – 65.2 %). The genotypes with lower content of linolenic acid had the content of linoleic acid in the range 63.2 – 75.0 %. The variability of polyunsaturated acids was very high in the genotypes with brown and yellow-seeds (CV=62.79 to 78.38 %). There was a strong negative association of the higher content of  $\alpha$ -linolenic acid with lower content of linoleic acid ( $p < 0.001$ ; improved varieties  $r^2 = -0.85$  and advanced varieties  $r^2 = -0.67$ ) in the genotypes with higher content of linolenic acid. In the same group was also statistically significant ( $p < 0.001$ ) strong negative association of the higher content of  $\alpha$ -linolenic acid with lower content of linoleic acid (brown-seeded genotypes  $r^2 = -0.70$  and yellow-seeded genotypes  $r^2 = -0.91$ ).

**Keywords:** polyunsaturated fatty acids,  $\alpha$ -linolenic acid, linoleic acid, *Linum usitatissimum* L., linseed, lipids

### ÚVOD

Olejnaté semená, z nich napríklad ľanové semená, predstavujú potenciálny zdravotný benefit najmä vo vzťahu ku kardiovaskulárnym ochoreniam (Jenkins et al., 1999), ktoré predstavujú vedúcu príčinu mortality na celom svete (World Health Organization, 2004). Veľký záujem o olejnaté semená súvisí predovšetkým s vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín, najmä kyseliny  $\alpha$ -linolénovej (Dolecek, 1992; de Lorgeril et al., 1994; Conquer a Holub, 1996). Ľanové semená (*Linum usitatissimum* L.) sú v súčasnosti známe ako funkčná potravina (Thompson a Cunnane, 2003). Celé ľanové semená obsahujú tuky s podielom 41 % hmotnosti, z ktorých je 70 % polynenasýtených a viac ako polovicu z celkových mastných kyselín predstavuje kyselina  $\alpha$ -linolénová (Bhatty, 1995). Okrem toho, že ľanové semená sú najbohatším rastlinným zdrojom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej (50-62 % z ľanového oleja alebo 22 % z celého ľanového semena) a lignanov (v rozsahu 0,20-13,3 mg.g<sup>-1</sup> ľanového semena), je ľanové semeno zdrojom vlákniny (28 % hmotnosti, z ktorých je 25 % v rozpustnej forme) (Bloedon a Szapary, 2004; Hall a Tulbek, 2006; Muir, 2006). Ľanový olej patrí medzi oleje obsahujúce kyselinu linolénovú. Velíšek (2002) uvádza jej obsah 52 % zo všetkých mastných kyselín, obsah kyseliny linolovej je 17 %, kyseliny olejovej 20 %, kyseliny palmitovej 7 % a kyseliny stearovej 4 %.

Štúdie na zvieratách potvrdili, že ľanové semená znižujú celkový aj LDL-cholesterol (Prasad, 1997; Lucas et al., 2004). Na základe priaznivých výsledkov na preklinických modeloch boli uskutočnené viaceré klinické štúdie s ľanovými semenami (s celými ľanovými semenami, ľanovým olejom alebo lignanmi) a bol skúmaný ich vplyv

na rôzne kardiometabolické rizikové faktory, najmä krvné lipidy (Oomah, 2001; Bloedon a Szapary, 2004; Hall a Tulbek, 2006; Basch et al., 2007).

Mnohé štúdie dokázali, že celé ľanové semená môžu znížiť sérový cholesterol u zdravých (Cunnane et al., 1993, 1995), ako aj hyperlipidemických (Bierenbaum et al., 1993) osôb.

Kyselina linolová (C18, n-6 mastná kyselina) a  $\alpha$ -linolénová (C18, n-3 mastná kyselina) môže byť desaturovaná a elongovaná na kyselinu arachidonovú (AA, C20, n-6 mastná kyselina) alebo kyselinu eikosapentaénovú (EPA, C20, n-3 mastná kyselina). AA a EPA prítomné v bunkových membránach môžu byť ďalej metabolizované lipoxygénázou a cyklooxygenázou na eikosanoidy (leukotriény, prostaglandíny a tromboxány), rôznu skupinu metabolitov mastných kyselín spojených s homeostatickými funkciami (Lee et al., 1985). Zvýšená celulárna koncentrácia EPA predstavuje benefit v prevencii kardiovaskulárných ochorení, hypertenzie a zápalových ochorení (Simopoulos, 1991). Koncentrácia EPA v tkanivách sa zvýši, ak je strava suplementovaná ľanovým olejom, ktorý má vysoký obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej, prekursoru EPA (Sanders a Roshanai, 1983; Adam et al., 1986; Cunnane et al., 1993; Kelley et al., 1993; Chan et al., 1993; Mantzioris et al., 1994).

Pan et al. (2009) vypracovali meta-analýzu účinkov ľanového semena na krvné lipidy. Zahnutých bolo 28 štúdií od januára 1990 do októbra 2008. Výsledky celkového cholesterolu boli hodnotené v 36 porovnaníach z 28 štúdií s 1548 účastníkmi a LDL-cholesterol v krvi bol pozorovaný pri 35 porovnaníach z 27 štúdií zahŕňajúcich 1471 subjektov. Ľanové semená znížili celkový cholesterol o 0,10 mmol.l<sup>-1</sup> a LDL-cholesterol o 0,08 mmol.l<sup>-1</sup>,

významná redukcia bola pozorovaná s celými ľanovými semenami (-0,21 mmol.l-1 a -0,16 mmol.l-1) a lignanmi (-0,28 mmol.l-1 a -0,16 mmol.l-1), ale nie s ľanovým olejom. Znižovanie cholesterolu bolo výraznejšie u žien (najmä u postmenopauzálnych žien) a u jedincov s vysokou iniciálnou koncentráciou cholesterolu. V koncentrácii HDL-cholesterolu a triglyceridov neboli pozorované žiadne signifikantné zmeny.

Cieľom práce bolo porovnať obsah polynenasýtených mastných kyselín - kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej v skupine nízkolinolénových (NLN) a vysokolinolénových (VLN) genotypov ľanu siateho (*Linum usitatissimum* L.). Bol sledovaný aj vplyv farby semena a šľachtiteľskej formy (novošľachtené formy a súčasne pestované odrody) na obsah uvedených polynenasýtených mastných kyselín.

## MATERIÁL A METÓDY

### Charakteristika biologického materiálu

Pre naplnenie stanoveného cieľa sa použilo 33 genotypov ľanu siateho, olejného hospodárskeho typu, z toho bolo novošľachtencov 21 a súčasne pestovaných 12 odrôd. V pokuse, ktorý bol založený na lokalite Vikýřovice v Českej republike, sa hodnotil vplyv výživy v postemergentnej aplikácii na úrodu semena a obsahové látky (celkové tuky a mastné kyseliny).

### Agrotechnická charakteristika pokusu

Pokus bol založený v rokoch 2006 až 2009. V každom roku boli tri varianty doplnené foliárnou aplikáciou hnojív (TA, TF v dávke 2 l.ha<sup>-1</sup> a LAV) a kontrolný variant. Veľkosť jednej parcely bola 10 m<sup>2</sup>. Predsejbová príprava pôdy predstavovala smykovanie a povrchovú úpravu. Parcely boli pred sejbou prihnojované priemyselnými hnojivami NPK 10-10-10. Semená všetkých genotypov boli namorené prípravkom Vitavax 200-FF. Počas vegetácie sa sledovali jednotlivé rastové fázy, pričom taktiež boli aplikované prípravky na ochranu proti skočke ľanovej (prípravok Calypso) a jednoklíčnolistým (prípravok Targa) a dvojklíčnolistým (prípravok GLEAN v kombinácii s Basagranom) burinám. Pred zberom boli odobraté vzorky z plochy 0,16875 m<sup>2</sup> na laboratórne rozbor technických parametrov. Zber sa uskutočnil v agrotechnickom termíne plnej zrelosti.

### Stanovenie mastných kyselín

Vo vzorkách všetkých genotypov sa analyzovali obsahové látky. Analýza pomerného zastúpenia mastných kyselín sa uskutočnila podľa normy ČSN EN ISO 5508 s názvom „Analýza methylesterov mastných kyselín plynovou chromatografiou“. Analýza obsahu oleja sa uskutočnila podľa internej metodiky firmy Agritec s.r.o., ktorá je založená na norme ČSN EN ISO 659 s názvom „Olejnaté semená – stanovenie obsahu oleja“. Na rozdiel od normy bol použitý automatický extraktor Soxtherm (Gerhardt) a extrakcia sa uskutočnila petroletherom. Metodika je oficiálne legalizovaná pravidelným medzilaboratórnym porovnávaním, ktoré organizuje ÚKZUZ v Českej republike.

Pokus bol založený a jednotlivé analýzy boli zrealizované v rámci projektu NPVII 2B06087 a QI 92A143 riešeného vo firme Agritec s.r.o.

### Štatistická analýza

Výsledky boli spracované v štatistickom programe SAS Enterprise Guide verzia 4.2. Popisné charakteristiky variability (priemer, stredná chyba priemeru, smerodajná odchýlka, rozsah a variačný koeficient) pre kvantitatívne znaky - obsah kyseliny alfa linolénovej, kyseliny linolovej a celkový obsah tuku (%) boli determinované pre jednotlivé genotypy a skupiny vysoko linolénových a nízko linolénových typov (novošľachtenie a odrody), ako aj pre hodnotenú farbu semena. Na testovanie normálneho rozdelenia analyzovaných súborov boli použité testy Kolmogorovov-Smirnovov a Anderson—Darlingov test. Korelačnou analýzou sa sledovali vzťahy medzi obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a linolovej v rámci skupiny VLN a NLN. Tiež sa sledoval vplyv farby semena v skupine NLN a VLN na vzťah medzi obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a linolovej. Výsledky korelačnej analýzy boli vyjadrené Pearsonovým korelačným koeficientom.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Vnútrodrohové skupiny genotypov a ich členenie, obsah celkového tuku a polynenasýtených mastných kyselín (%)

Genotypy, ktoré boli použité v práci a ich rozdelenie do troch vnútrodrohových skupín, sú uvedené v tabuľke 1. Všetky genotypy patria do olejného hospodárskeho typu.

Z celkového počtu 33 genotypov tvorilo 69,7 % VLN a 30,3 % NLN. VLN tvorili novošľachtené formy z podielu 42,4 % a odrody s podielom 27,3 %. V rámci NLN predstavovali novošľachtené formy 21,2 % z celkového súboru a odrody 9,1 %. Hnedú farbu semena malo 69,7 % a žltú farbu 30,3 % genotypov.

Distribučná analýza potvrdila, že vo všetkých skupinách (VLN, NLN, VLN novošľachtenie, VLN odrody, NLN novošľachtenie, NLN odrody, hnedá a žltá farba semena) bolo podľa Kolmogorovho-Smirnovho ( $p < 0,05$ ) a Shapiro-Wilkovho ( $p < 0,0001$ ) testu normality normálne rozdelenie experimentálnych súborov.

Popisná štatistika pre nasledovné znaky: obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej (%), linolovej (%) a obsah celkového tuku (%) je uvedená v tabuľke 2. Keďže zastúpenie tuku v semenách ľanu je významné, zaraďujeme ich medzi olejnaté semená (Bhatty, 1995). Aj v tejto práci bol hodnotený priemerný obsah celkového tuku, ktorý bol vo všetkých skupinách VLN genotypov vyšší ako pri NLN skupinách. V skupine žltých semien bol obsah tuku len o 0,63 % vyšší ako pri genotypoch s hnedými semenami.

Diederichsen a Raney (2006) zistili priemerný obsah tuku v genotypoch s hnedými semenami ( $n = 2730$ ) 38,3 % a pri žltých semenách ( $n = 126$ ) 39,4 %. V práci uvedených autorov bol medzi týmito skupinami rozdiel v obsahoch o niečo vyšší (1,1 %) v porovnaní s našimi výsledkami. Autori predpokladajú, že vyšší obsah oleja v žltých semenách je spojený s vyššou hmotnosťou týchto semien.

Tabuľka 1 Genotypy (n = 33) ľanu siateho (*Linum usitatissimum* L.) rozdelené podľa obsahu polynenasýtených mastných kyselín v oleji, podľa farby semena a šľachtiteľskej formy

GENOTYP	LINTYP	Farba semena	Šľachtiteľská forma	GENOTYP	LINTYP	Farba semena	Šľachtiteľská forma
AGT 421/01	VLN	hnedá	novošľachtenie	AGT 984/05	NLN	hnedá	novošľachtenie
AGT 496/05	VLN	hnedá	novošľachtenie	AGT 987/02	NLN	hnedá	novošľachtenie
AGT 516/05	VLN	žltá	novošľachtenie	LS-L 37	VLN	hnedá	novošľachtenie
AGT 517/05	VLN	žltá	novošľachtenie	LS-L 68	VLN	hnedá	novošľachtenie
AGT 526/05	VLN	žltá	novošľachtenie	ALASKA	VLN	hnedá	odroda
AGT 535/05	VLN	žltá	novošľachtenie	AMON	NLN	žltá	odroda
AGT 578/03	VLN	žltá	novošľachtenie	ASTRAL	VLN	žltá	odroda
AGT 579/05	VLN	hnedá	novošľachtenie	ATALANTE	VLN	hnedá	odroda
AGT 583/05	VLN	hnedá	novošľachtenie	BAIKAL	VLN	hnedá	odroda
AGT 823/03	VLN	žltá	novošľachtenie	BALADIN	VLN	hnedá	odroda
AGT 865/05	NLN	žltá	novošľachtenie	FLANDERS	VLN	hnedá	odroda
AGT 891/05	NLN	hnedá	novošľachtenie	JANTAR	NLN	žltá	odroda
AGT 892/05	NLN	hnedá	novošľachtenie	KAOLIN	VLN	hnedá	odroda
AGT 893/05	NLN	hnedá	novošľachtenie	LOLA	NLN	hnedá	odroda
AGT 907/03	VLN	hnedá	novošľachtenie	OURAL	VLN	hnedá	odroda
AGT 96/98	VLN	hnedá	novošľachtenie	RECITAL	VLN	hnedá	odroda
AGT 981/05	NLN	hnedá	novošľachtenie				

VLN – vysokolinolénový typ; NLN – nízkolinolénový typ

Podľa obsahu mastných kyselín v oleji rozdeľujeme genotypy ľanu siateho do troch skupín. Prvá skupina, vysokolinolénový typ (VLN), obsahuje 52 – 75 % kyseliny linolénovej a 13 – 15 % kyseliny linolovej. Genotypy stredného typu obsahujú 25 – 35 % kyseliny linolénovej a 25 – 30 % kyseliny linolovej. Tretiu skupinu tvoria nízkolinolénové genotypy (NLN). Obsah mastných kyselín v oleji je nasledovný: menej ako 3 % kyseliny linolénovej a 50 – 55 % kyseliny linolovej (Středa a Bjelková, 2007).

V skupine VLN bol priemerný obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej v rozsahu 31,9 – 65,2 % (tabuľka 2), čo je v porovnaní s rozsahom, ktorý uvádzajú Středa a Bjelková (2007) pri minimálnej hodnote, o niečo nižší obsah. Vysoký obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej prináša množstvo medicínskych benefitov. Na druhej strane vysoký obsah tejto polynenasýtenej kyseliny zhoršuje vlastnosti ľanového oleja (spôsobuje nestabilitosť a zápach oleja). V dôsledku toho /Preto sa šľachtia odrody so zníženým obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a naopak so zvýšeným obsahom kyseliny linolovej. K takýmto odrodám patria odrody kanadského a austrálskeho pôvodu (Solin, Linola, Glenelg). V štúdií, ktorú spracovali Nykter Tabuľka 2 Popisná štatistika pre znaky – obsah celkového tuku (%), obsah mastných kyselín (%) v rôznych skupinách

a Kymäläinen (2006), uvádzajú obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej v rozsahu 1,6 – 2,4 % a obsah kyseliny linolovej 48,2 – 72,9 % práve v uvedených troch odrodách. Obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej bol v skupine NLN genotypov v rozsahu 1,1 – 6,6 % a obsah kyseliny linolovej 63,2 – 75,0 % (tabuľka 2), čo zodpovedá rozsahom uvedeným v práci Nyktera a Kymäläinena (2006).

#### Variabilita a variačný koeficient obsahu celkového tuku a polynenasýtených mastných kyselín

Porovnaním variačných koeficientov medzi tromi hodnotenými znakmi v jednotlivých skupinách (tabuľka 2), je zrejme, že variabilita v znakoch: obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a linolovej bola vyššia ako v obsahu celkového tuku ( $V = 3,35 - 5,09$  %). K podobnému záveru prišli aj Diederichsen a Raney (2006) ( $n = 2934$ ;  $V = 4,5$  %), ktorí tvrdia, že práve nízka variabilita obsahu tuku v semenách ľanu indikuje, že zvýšenie koncentrácie oleja v semenách je ťažkou úlohou pre šľachtiteľov. Avšak rôzne alely a gény môžu byť zapojené do determinácie koncentrácie oleja, aj keď pri rôznych genotypoch je výsledok

Obsah celkového tuku (%)					
Skupina	n	Rozsah	priemer	SD	V (%)
VLN	333	36,28 – 46,35	40,73	1,99	4,90
NLN	156	36,22 – 43,34	39,48	1,46	3,69
Novošľachtenie VLN	196	37,13 – 46,35	40,33	1,88	4,66
Novošľachtenie NLN	112	36,22 – 42,99	39,28	1,32	3,35
Odroda VLN	137	36,28 – 46,1	41,31	2,01	4,87
Odroda NLN	44	36,77 – 43,34	40,00	1,66	4,15
Farba semena – hnedá	342	36,22 – 44,86	40,13	1,83	4,55
Farba semena – žltá	147	38,03 – 46,35	40,79	2,08	5,09
Obsah kyseliny $\alpha$ -linolénovej (%)					

Skupina	n	Rozsah	priemer	SD	V (%)
VLN	333	31,9 – 65,2	54,72	5,66	10,33
NLN	156	1,1 – 6,6	2,92	1,31	44,57
Novošľachtenie VLN	196	31,9 – 65,2	54,21	6,37	11,74
Novošľachtenie NLN	112	1,1 – 6,6	2,74	1,26	45,67
Odroda VLN	137	39,7 – 64,2	55,45	4,33	7,81
Odroda NLN	44	1,7 – 6,4	3,40	1,31	38,67
Farba semena – hnedá	342	1,1 – 65,2	37,74	24,56	65,09
Farba semena – žltá	147	1,5 – 64,2	39,26	24,65	62,79
Obsah kyseliny linolovej (%)					
Skupina	n	Rozsah	priemer	SD	V (%)
VLN	333	11,1 – 42,6	16,40	4,70	28,61
NLN	156	63,2 – 75,0	70,40	2,72	3,85
Novošľachtenie VLN	196	11,1 – 42,6	16,73	5,90	35,26
Novošľachtenie NLN	112	63,2 – 74,1	69,89	2,63	3,76
Odroda VLN	137	12,0 – 29,1	15,93	1,83	11,47
Odroda NLN	44	66,3 – 75,0	71,72	2,45	3,42
Farba semena – hnedá	342	11,8 – 75,0	33,90	25,36	74,80
Farba semena – žltá	147	11,1 – 74,9	32,99	25,86	78,38

n = počet meraní; SD – smerodajná odchýlka; V – variačný koeficient (%); VLN – vysokolinolénové genotypy; NLN – nízkolínolénové genotypy

koncentrácie oleja podobný. **Diederichsen a Raney (2006)** týmto poznatkom vyvracajú tvrdenie **Zimmermana a Klostermana (1959)**, že zvýšenie oleja nie je možné.

Na druhej strane je zaujímavá vysoká variabilita v obsahu sledovaných polynenasýtených mastných kyselín (tabuľka 2). Najnižšia variabilita bola zaznamenaná v skupine VLN v obsahu kyseliny  $\alpha$ -linolénovej ( $V = 7,81 - 11,74 \%$ ) a v skupine NLN v obsahu kyseliny linolovej ( $V = 3,42 - 3,85 \%$ ). Uvedené výsledky môžu potvrdzovať ciele šľachtenia v skupine NLN a VLN. Pri NLN genotypoch je šľachtenie zamerané na zníženie obsahu kyseliny  $\alpha$ -linolénovej (**Oomah, 2001**). Ľanový olej je prirodzene bohatý na vysoký obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej (**Muir, Westcott, 2003**). Zámernou činnosťou človeka sa potom šľachtia genotypy s vysokým obsahom tejto kyseliny. Sledovaním obsahu kyselín  $\alpha$ -linolénovej a linolovej v skupine genotypov s hnedými a žltými semenami bola zistená veľmi vysoká variabilita súborov ( $V=62,79$  až  $78,38 \%$ ).

#### Korelačná analýza obsahu kyseliny $\alpha$ -linolénovej a linolovej

Korelačnou analýzou sa štatisticky nepotvrdila negatívna korelácia ( $p > 0,05$ ) medzi obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej v skupine NLN (NLN novošľachtenie a NLN odrody). Predpokladalo sa, že znížením obsahu kyseliny  $\alpha$ -linolénovej sa zvyšuje obsah kyseliny linolovej. V prípade skupín VLN (VLN novošľachtenie a VLN odrody) sa potvrdila negatívna korelácia medzi obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej. Vzťah medzi týmito znakmi bol vysoko štatisticky preukazný a korelačný koeficient vysoký v oboch podskupinách VLN genotypov ( $p < 0,0001$ ; VLN novošľachtenie  $r^2 = -0,85$  a VLN odrody  $r^2 = -0,67$ ).

Zaujímavý výsledok korelačnej analýzy bol zistený v skupine VLN (novošľachtenie a odrody) žltých a hnedých genotypov. Negatívna korelácia medzi obsahom kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej bola znovu v prípade žltých aj hnedých genotypov vysoko štatisticky preukazná ( $p < 0,0001$ ; VLN hnedé semená  $r^2 = -0,70$  a VLN žlté semená  $r^2 = -0,91$ ).

#### ZÁVER

Z výsledkov našej práce vyplývajú nasledovné závery:

Obsah celkového tuku mal v oleji VLN a NLN genotypov nízku variabilitu, ale vysoké variačné koeficienty v znakoch obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej umožňujú výber biologického materiálu v šľachtení nových odrôd.

Vďaka vysokému obsahu a zloženiu mastných kyselín v ľanovom oleji, hlavne obsahu kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej, je táto surovina hodnotná pre potravinárske a medicínske využitie. Potvrdili sme vysoký obsah obidvoch sledovaných mastných kyselín ako aj ich špecifické kompozičné zloženie v rámci skupiny VLN a NLN (novošľachtenie a odrody).

Ďalej sme zistili, že obsah sledovaných polynenasýtených mastných kyselín je v skupine VLN genotypov vo vzájomnej negatívnej korelacii.

Farba semena nemala vplyv na obsah kyseliny  $\alpha$ -linolénovej a kyseliny linolovej. Len v prípade skupiny VLN genotypov sme potvrdili negatívnu koreláciu aj v rámci podskupiny hnedých a žltých semien.

V tejto práci sú uvedené len čiastkové výsledky celého pokusu založeného vo firme Agritec s.r.o. Odporúčame sledovať aj vplyv ďalších morfológických vlastností rastliny ľanu siateho (napr. tvar, veľkosť alebo hmotnosť semena) na obsah mastných kyselín a tuku.

Positívne výsledky pestovania ľanu siateho (*Linum usitatissimum* L.), olejného hospodárskeho typu v podmienkach Českej republiky, vytvárajú predpoklady aj na úspešné pestovanie v regiónoch Slovenska.

LITERATÚRA

ADAM, O., WOLFRAM, G., ZÖLLNER, N. 1986. Effect of a-linolenic acid in the human diet on linoleic acid metabolism and prostaglandin biosynthesis. In *J. Lipid. Res.*, vol. 27, 1986, p. 421-426.

BASCH, E., BENT, S., COLLINS, J. et al. 2007. Flax and flaxseed oil (*Linum usitatissimum*): a review by the Natural Standard Research Collaboration. In *J. Soc. Integr. Oncol.*, vol. 5, 2007, p. 92-105.

BHATTY, R.S. Nutrient composition of whole flaxseed and flaxseed meal. In CUNNANE, S.C., THOMPSON, L.U.: *Flaxseed in human nutrition*. Champaign, IL : AOCS Press, 1995. p. 22-42.

BIERENBAUM, M.L., REICHSTEIN, R., WATKINS, T.R. 1993. Reducing atherogenic risk in hyperlipemic humans with flaxseed supplementation: a preliminary report. In *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 12, 1993, p. 501-514.

BLOEDON, L.T., SZAPARY, P.O. 2004. Flaxseed and cardiovascular risk. In *Nutr. Rev.*, vol. 62, 2004, p. 18-27.

CONQUER, J.A., HOLUB, B.J. 1996. Supplementation with an algae source of docosahexaenoic acid increases (n-3) fatty acid status and alters selected risk factors for heart disease in vegetarian subjects. In *J. Nutr.*, vol. 126, 1996, p. 3032-3039.

CUNNANE, S.C., GANGULI, S., MENARD, C. et al. High alpha-linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans. In *Br. J. Nutr.*, vol. 69, 1993, p. 443-453.

CUNNANE, S.C., HAMADEH, M.J., LIEDE, A.C., THOMPSON, L.U., WOLEVER, T.M., JENKINS, D.J. 1995. Nutritional attributes of traditional flaxseed in healthy young adults. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 61, 1995, p. 62-68.

DE LORGERIL, M., RENAUD, S., MAMELLE, N. et al. 1994. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. In *Lancet*, vol. 343, 1994, p. 1454-1459.

DIEDERICHSEN, A. – RANEY, J. P. (2006). Seed color, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada. In *Plant Breeding*. 125, 2006, p. 372 – 377

DOLECEK, T.A. 1992. Epidemiological evidence of relationships between dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. In *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, vol. 200, 1992, p. 177-182.

HALL, C.III, TULBEK, M.C., XU, Y. 2006. Flaxseed. In *Adv. Food Nutr. Res.*, vol. 51, 2006, p. 1-97.

CHAN, J.K., MCDONALD, B.E., GERRARD, J.M., BRUCE, V.M., WEAVER, B.J., HOLUB, B.J. 1993. Effect of dietary a-linolenic acid and its ratio to linoleic acid on platelet and plasma fatty acids and thrombogenesis. In *Lipids*, vol. 28, 1993, p. 811-817.

JENKINS, D.J.A., KENDALL, C.W.C., VIDGEN, E. et al. 1999. Health aspects of partially defatted flaxseed, including effects on serum lipids, oxidative measures, and ex vivo androgen and progestin activity: a controlled crossover trial. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 69, 1999, p. 395-402.

KELLEY, D.S., NELSON, G.J., LOVE, J.E. et al. 1993. Dietary a-linolenic acid alters tissue fatty acid composition, but not blood lipids, lipoproteins or coagulation status in humans. In *Lipids*, vol. 28, 1993, p. 533-537.

LEE, T.H., HOOVER, R.L., WILLIAMS, M.D. et al. 1985. Effect of dietary enrichment with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on in vitro neutrophil and monocyte leukotriene generation and neutrophil function. In *N. Engl. J. Med.*, vol. 312, 1985, p. 1217-1224.

LUCAS, E.A., LIGHTFOOT, S.A., HAMMOND, L.J. et al. 2004. Flaxseed reduces plasma cholesterol and atherosclerotic lesion formation in ovariectomized Golden Syrian hamsters. In *Atherosclerosis*, vol. 173, 2004, p. 223-229.

MANTZIORIS, E., JAMES, M.J., GIBSON, R.A., CLELAND, L.G. 1994. Dietary substitution with an  $\alpha$ -linolenic acid-rich vegetable oil increases eicosapentaenoic acid concentrations in tissues. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 59, 1994, p. 1304-1309.

MUIR, A. D. – WESTCOTT, N. D. *Flax : the genus Linum*. Taylor & Francis Group, London and New York, 2003, 307 p. ISBN 0-415-30807-0

MUIR, A.D. 2006. Flax lignans – analytical methods and how they influence our understanding of biological activity. In *J. AOAC Int.*, vol. 89, 2006, p. 1147-1157.

NYKTER, M. – KYMÄLÄINEN, H.-R. 2006. Quality characteristics of edible linseed oil. In *Agricultural and food science*. Vol. 15, 2006, p. 402 – 413.

OOMAH, B.D. 2001. Flaxseed as a functional food source. In *J. Sci. Food Agric.*, vol. 81, 2001, p. 889-894.

PAN, A., YU, D., DEMARK-WAHNEFRIED, W. et al. 2009. Meta-analysis of the effects of flaxseed interventions on blood lipids. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 90, 2009, p. 288-297.

PRASAD, K. 1997. Dietary flax seed in prevention of hypercholesterolemic atherosclerosis. In *Atherosclerosis*, vol. 132, 1997, p. 69-76.

SANDERS, T.A.B., ROSHANAI, F. 1983. The influence of different types of  $\omega$ 3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers. In *Clin. Sci.*, vol. 64, 1983, p. 91-99.

SIMOPOULOS, A. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease in growth and development. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 54, 1991, p. 438-463.

STŘEDA, T. BJELKOVÁ, M.: Výnos a kvalita lnu setého olejného (*Linum usitatissimum* L.) v různých pěstitelských podmínkách. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2007, sv. 55, č. 1, s. 153-163. ISSN 1211-8516.

THOMPSON L.U., CUNNANE, S.C. 2003. *Flaxseed in human nutrition*. 2nd ed. Champaign, IL: AOCS Publishing, 2003.

VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin* 1. Tábor : Osis, 2002. 344 s. ISBN 80-86659-00-3

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004. The global burden of disease: 2004 update. Available from: [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/2004\\_report\\_update/en/index.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html) (cited 11 November 2008).

ZIMMERMAN, D. C. – KLOSTERMAN, H. J. 1959. *The distribution of fatty acids in linseed oil from the world collection of flax varieties*. North Dakota Acad. Sci. Annual Proc. 13, p. 71 – 75. In Diederichsen, A. – Raney, J. P. (2006). Seed color, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada. In *Plant Breeding* 125, 2006, p. 372 – 377.

**Acknowledgments:**

This work has been supported by grant the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, NPV II 2B08067 and grant Ministry of Agriculture QI 92A143. This work has been supported by the Excellence Center for Agrobiodiversity Conservation and Benefit project implemented under the Operational Programme Research and Development financed by European Fund for Regional Development (ITMS 26220120015) and by the Excellence Center for Agrobiodiversity Conservation and Benefit Plus

project implemented under the Operational Programme Research and Development financed by European Fund for Regional Development (ITMS 26220120032).

This article was also part of the project KEGA 301-035SPU-4/2010.

**Contact addresses:**

Ing. Janka Nôžková, PhD. - Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ, KGŠR, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, tel.: 037-6414778, E-mail: janka.nozkova@uniag.sk

Ing. Marie Bjelková – Agritec Plant Research s.r.o., Zemědělská 2520/16, Šumperk, Česká republika, tel.: +420 583 382 105, E-mail: bjelkova@agritec.cz

Ing. Katarína Fatrcová-Šramková, PhD. - Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ, KVL, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, tel.: 037-6414792, E-mail: katarina.sramkova@gmail.com

Monika Očenášová - Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ, KGŠR, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra