

**ВЛИЯНИЕ НА ЛЕНЕНОТО СЕМЕ И α -ТОКОФЕРОЛА В ДАЖБАТА
НА СВИНЕТЕ ВЪРХУ МАСТНОКИСЕЛИННИЯ СЪСТАВ
И ОКСИДАТИВНАТА СТАБИЛНОСТ НА ЛИПИДИТЕ
В ПОДКОЖНАТА СЛАНИНА II. МАСТНОКИСЕЛИНЕН СЪСТАВ
НА ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛИТЕ И ОКСИДАТИВНИ ПРОМЕНИ
В МАЗНИНАТА**

ВАЛЕНТИН ДОЙЧЕВ

Тракийски университет, Аграрен факултет - Стара Загора.

Използвани съкращения:

ПННМК – полиненаситени мастни киселини

НМК – наситени мастни киселини

ТБК – тиобарбитурова киселина

МДА – малондиалдехид

C14:0 – Миристинова киселина

C16:0 – Палмитинова киселина

C16:1 – Палмитолеинова киселина

C18:0 – Стеаринова киселина

C18:1 – Олеинова киселина

C18:2 n-6 – Лиолова киселина

C18:3 n-3 – Лиолонова киселина

C20:4 n-6 – Арахидонова киселина

C20:5 n-3 – Ейкозапентаенова киселина

n-3 – омега 3

n-6 – омега 6

През последните десетилетия един от основните акценти в работата на специалистите в областта на храненето на свинете е проучване на възможностите за промяна на мастнокиселинния състав на тъканните липиди посредством храненето. Причината за това е установеният благоприятен ефект на n-3 ПННМК върху здравето на хората, изразяващо се в понижаване на риска от сърдечносъдови, ракови и др. тежки заболявания на нашето време. Проучванията в областта на храненето на човека установиха, че има сериозно разминаване между мастнокиселинния състав на храната, консумирана от човека и препоръките за здравословно хранене (Givens et al., 2006). Именно свинското месо

се сочи като най-подходящо за преодоляване на това разминаване и осигуряване на необходимия прием на n-3 ПННМК, препоръчван за здравословно хранене на хората. Свинското месо е най-консумираното в световен мащаб и освен това многобройни експерименти доказаха, че мастнокиселинният състав на тъканните липиди при свинете лесно и бързо може да бъде променен посредством адекватна промяна в мастнокиселинния състав на фуражните липиди (Kouba et al., 2003; Corino et al., 2008; Haak et al., 2008; Huang et al., 2008; Guillevic et al., 2009; Karolyi et al., 2012). Лененото семе се сочи като най-подходящия фуражен компонент за постигане на този цел, тъй като до 58%

от неговата липидна фракция е С18:3 n-3, която е предшественик за синтеза на всички дълговерижни мастни киселини от групата n-3 в тъканите на животните и човека (Van Oeckel et al., 1995).

От друга страна, бе установено, че високото съдържание на ПННМК в тъканните липиди води до понижаване на тяхната оксидативна стабилност и влошаване на качеството на мазнините както в прясно състояние, така и след съхранение (Ahn et al., 1996; Moran, 1996; Hallenstvedt et al., 2012). Всичко това поставя много въпроси пред животновъдната наука и практика относно максимално допустимото съдържание на ПННМК в тъканните липиди. Редица изследователи отчитат ограничаване на оксидативните промени и стабилизиране на липидите след включване на α -токоферол във фуража (Dikeman, 2007; Santos et al., 2008; Trefan et al., 2011; Botsoglou et al., 2012), докато други не установяват положителен ефект на α -токоферола във фуража (Hoving-Bolling et al., 1998; Lauridsen et al., 1999).

Целта на настоящото проучване бе да се установи влиянието на лененото семе и α -токоферола, добавени в смеската на свинете, върху мастнокиселинния състав на триацилглицеролите от подкожната сланина и оксидативните промени в мазнината.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експериментът бе проведен със 70 прасета за угояване с генотип Шведска голяма бяла (ШГБ) x Български ландрас (СН) x Хибридни нерези от шунков тип (ХН). Прасетата бяха разделени в 5 групи по 14 (7 мъжки кастрирани и 7 женски), изравнени по възраст и жива маса и отглеждани в индивидуални боксове от 46 до 120 kg жива маса. През последните два месеца на угояването (78–120 kg) към комбинирания фураж на свинете от II, III, IV и V група (опитни) бе включено лено семе съответно 40, 80, 120 и 120 g/kg⁻¹. Към фуража на свинете от V група бе добавен и α -токоферол ацетат в количество 0.2 g/kg⁻¹. Данни за компонентния състав и хранителната стойност на комбинирания фураж за

петте групи свине са представени в табл. 1, а за мастнокиселинния състав - в табл. 2.

Химичният състав на комбинирания фураж бе определен по методите на АОАС (1990). Съдържанието на аминокиселини във фуража е представено по литературни данни.

Угоените прасета бяха заклани при средна жива маса 120 kg. За провеждане на предвидените лабораторни анализи бяха взети проби от подкожната сланина на свинете в областта на последните три гръдни прешлена. Екстрахирането на тъканните липиди от пробите бе направено по метода на Bligh and Dyer (1959). Триацилглицеролите бяха изолирани с помощта на тънкослойна хроматография върху плаки от Силикагел G и подвижна система от разтворители хексан:етер (80:20) по Димов и Димитров (1978). Мастните киселини бяха метилирани в 2% разтвор на H₂SO₄ в безводен метанол по Ангелов (1994). Мастнокиселинният състав на общите липиди бе определен на газов хроматограф "Ray-Unicam" с капиллярна колона FFAP с пламъчно - йонизационен детектор.

Мазнината от подкожна сланина бе получена посредством следната процедура: 250 g мастна тъкан (подкожна сланина), нарязана на кубчета със страна 0.5 cm, бе поставена в бехерова чаша и бе добавена 50 ml дестилирана вода. След това сланината бе пържена, докато късовеите добият жълтокафяв цвят, а стопената мазнина бе филтрирана в стъклена банка и съхранявана във фризер до започване на химичните анализи.

Перокисното число на мазнината бе определено по стандартен метод от IUPAC (1982).

Числото на тиобарбитуровата киселина бе определено по метода на Ohkawa et al. (1979), модифициран от Pikul et al. (1983). Числото на ТБК се изразява като mg МДА/g мазнина. Количеството на МДА се изчислява от абсорбционните измерения и стандартната крива (0-5.5 mg).

Перокисното число и числото на ТБК бяха определени в прясно състояние и след съхранение за два месеца в хладилни условия (5-7°C).

Получените резултати бяха обработени статистически посредством Statistica for Windows,

Таблица 1 Състав и хранителна стойност на комбинирания фураж
Table 1. Composition and nutrition value of compound feed

Компоненти Components	Групи /Groups				
	I	II	III	IV	V
Царевица /Corn	8	5.34	2.68	–	–
Ечемик /Barley	32.8	43.06	53.4	63.82	638.2
Пшеница /Wheat	31	25.7	20.32	14.98	149.8
Ленено семе /Flax seed	-	4	8	12	120
Соев шрот /Soybean meal	3	2	1	–	–
Пшеничени трици /Wheat bran	16	10.7	5.4	–	–
Концентрат “Провими”/ Provimi concentrate	5	5	5	5	50
Зеолит /Zeolite	3.5	3.5	3.5	3.5	35
Синт. лизин /Lysine	0.24	0.24	0.24	0.24	2.4
Креда /Lime	0.26	0.26	0.26	0.26	2.6
Токсибайнд /Toxibind	0.2	0.2	0.2	0.2	2
α-токоферол (50%) / α-tokopherol (50%)	-	-	-	-	0.2
В един kg се съдържат /Content in 1 kg					
Обменна енергия, MJ Metabolizable energy, MJ	12.23	12.39	12.56	12.72	12.68
Суров протеин, % Crude protein, %	13.24	13.3	13.36	13.42	134.1
Сурови влакнини, g Crude fibers, g	45.0	44.8	44.7	44.5	44.6
Лизин, g Lysine, g	7.7	7.65	7.56	7.47	7.49
Метионин + цистин, g Methionin + cystine, g	5.1	4.96	4.8	4.64	4.66
Ca, g Ca, g	6.29	6.3	6.3	6.33	6.3
P, g P, g	4.65	4,4	4.1	3.83	3.85

Release, 4.3 (Stat. Soft. Inc., 1994), където има модули, реализиращи горните методи.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Данни за мастнокиселинния състав на триацилглицеролите от подкожна сланина са представени в табл. 3. Грите наситени маст-

ни киселини – C14:0, C16:0 и C18:0, остават непроменени. При мононенаситените мастни киселини C18:1 не се променя достоверно, но се наблюдава понижаване нивото на C16:1. Макар промяната да не е пропорционална на съдържанието на ленено семе във фуража, разликата между II и IV група е статистически достоверна ($P < 0.05$). Резултати са еднопосочни

Таблица 2. **Мастнокиселинен състав на комбинирания фураж**
 Table 2. **Fatty acid composition of compound feed**

Мастни киселини (%) Fatty acids (%)	Съдържание на ленено семе, % Content of flax seed, %				
	0	4	8	12	12
C14:0 Миристинова Miristic	0.7	1.0	0.8	0.9	0.8
C16:0 Палмитинова Palmitic	29.3	31.1	25.7	26.8	26.9
C16:1 Палмитолеинова Palmitoleic	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2
C17:0 Маргаринова Margaric	0.8	0.6	1.2	1.3	1.4
C18:0 Стеаринова Stearic	12.1	11.6	10.8	9.8	9.7
C18:1 Олеинова Oleic	35.4	35.3	36.1	36.8	36.6
C18:2 Лиолова Linolic	19.4	16.7	18.5	15.6	15.8
C18:3 Лиоленова Linolenic	-	2.0	5.4	7.2	7.3
НМК/ SFA	42.9	44.3	38.5	38.8	38.8
ННМК / UFA	56.6	55.4	61.3	60.8	60.8
МНМК/ MUFA	37.2	36.7	37.4	38.0	38.0
ПНМК/ PUFA	19.4	18.7	23.9	22.8	22.8

с получените от повечето автори, които експериментират, с фуражи богати на ПННМК и съобщават за намаляване съдържанието на двете мононенаситени мастни киселини или само на едната от тях (Irie and Sakimoto, 1992; Specht Overholt et al., 1997; Leskanich et al., 1997; Tzvetkova et al., 1998; Warnants et al., 1999; Koch et al., 2003; Kouba et al., 2003 Juarez et al., 2011). Едновременно с това получените резултати се различават от тези в експеримента на Riley et al. (2000), които не отчитат промени в съдържанието както на C18:1, така и на C16:1 в подкожната сланина на прасетата след включване на 11.4% ленено семе в смеската. В групата на ПННМК промени се наблюдават само при n-3 мастните киселини. С увеличаване съдържанието на ленено семе във фуража се наблюдава нарастване нивото на C18:3 n-3,

като равнището ѝ при III, IV и V група е достоверно по-високо в сравнение с I и II група ($P < 0.001$). Разликата между I и II група е също статистически достоверна ($P < 0.01$). Равнището на C 20:5 n-3 също нараства с увеличаване на съдържанието на ленено семе във фуража, като в сравнение с I група стойността е достоверно по-висока при II група ($P < 0.01$) и при III, IV и V група ($P < 0.001$). В сравнение с II група стойността е достоверно по-висока при III група ($P < 0.05$) и при IV и V група ($P < 0.001$). Стойностите при IV и V група са достоверно по-високи в сравнение с III група ($P < 0.001$). Получените резултати са еднопосочни с изводите на всички автори, експериментирали с включване на ленено семе в смеската и отчели значително нарастване на n-3 ПННМК в тъканните липиди на свинете (Romans et al., 1995; Specht-

Таблица 3. **Мастнокиселинен състав на триацилглицеролите в подкожна сланина**
 Table 3. **Fatty acid composition of triacilglycerols of back fat**

Мастни киселини, % Fatty acids, %	Групи /Groups				
	I	II	III	IV	V
	$x \pm Sx$	$x \pm Sx$	$x \pm Sx$	$x \pm Sx$	$x \pm Sx$
C14:0 Миристинова Miristic	1.47±0.47	1.20±0.70	1.07±0.29	1.39±0.93	1.26±0.68
C16:0 Палмитинова Palmitic	24.12±0.68	24.23±1.86	24.59±0.56	24.32±1.28	24.23±1.48
C16:1 Палмитолеинова Palmitoleic	2.32 ^{ab} ±0.39	2.56 ^a ±0.54	2.23 ^{ab} ±0.27	1.87 ^b ±0.19	1.96 ^{ab} ±0.48
C18:0 Стеаринова Stearic	15.43±0.71	15.63±0.89	14.47±0.65	14.63±0.61	14.82±1.08
C18:1 Олеинова Oleic	45.13±2.66	44.16±1.07	43.84±1.76	43.82±0.24	43.91±1.48
C18:2 Лиолова Linolic	10.39±2.50	10.52±1.75	10.98±2.14	10.86±1.63	10.74±2.26
C18:3 Лиоленова Linolenic	0.80 ^a ±0.18	1.31 ^b ±0.17	2.37 ^c ±0.26	2.53 ^c ±0.15	2.48 ^c ±0.11
C 20:4 Арахидонова Arachidonic	0,24±0,03	0.22±0.03	0.23±0.01	0.21±0.03	0.22±0.04
C20:5 Ейкозапентаенова Eicosapentaenoic	0,10 ^a ±0,03	0.17 ^b ±0.03	0.22 ^c ±0.04	0.36 ^d ±0.01	0.38 ^d ±0.02
ПННМК PUFA	11.53±2.53	12.21±1.89	13.80±2.39	13.96±1.77	13.82±1.42
ПННМК/НМК PUFA/SFA	0.28±0.06	0.30±0.09	0.34±0.07	0.35±0.07	0.34±0.06
Съотношение n-6/n-3 Ratio n-6/n-3	12.37 ^a ±4.21	7.28 ^b ±0.73	4.32 ^{bc} ±0.49	3.82 ^c ±0.35	3.83 ^c ±0.38

Стойностите различаващи се достоверно, са маркирани с различна суперскрипция.
 Values differ significantly are marked by different superscription.

Overholt et al., 1997; Enser et al., 2000; Riley et al., 2000; Kouba et al., 2003; Huang et al., 2008; Juarez et al., 2010; Juarez et al., 2011). Резултатите са в съответствие също и с получените от автори, експериментирали с други фуражни компоненти, богати на ПННМК – рибено масло (**Irie and Sakimoto, 1992**), рапично и рибено масло (**Leskanich et al., 1997**), и соя (**Warnants et al., 1999**).

При мастните киселини от групата n-6 не се отчитат статистически достоверни промени

($P > 0.05$). Докато при C20:4 n-6 се наблюдава слабо изразена тенденция за понижаване на стойността с нарастване съдържанието на лено семе във фуража, то при C18:2 n-6 такава тенденция липсва. Резултатите са еднопосочни с получените от **Leskanich et al. (1997)** и **Riley et al. (2000)**, които не наблюдават промени в съдържанието на C18:2 n-6 и C20:4 n-6 в подкожната сланина след включване на компоненти, богати на C18:3 n-3. **Juarez et al. (2010)** отчитат понижаване на съдържанието на C20:4

n-6 след включване на ленено семе в смеската на свинете.

При групата на ПННМК не се наблюдават достоверни промени ($P>0.05$) с увеличаване съдържанието на ленено семе в смеската, което е еднопосочно с резултатите на **Leskanich et al.** (1997), които също не наблюдават промени в съдържанието на групата ПННМК след включване на 2% рапично и 1% рибено масло във фуража. Същевременно резултатите при настоящия експеримент се различават от получените от други автори, наблюдавали увеличаване на съдържанието на ПННМК в подкожната сланина след включване в смеската на свинете на ленено семе (**Specht-Overholt et al.**, 1997), соя (**Warnants et al.**, 1999) и соево масло (**Teye et al.**, 2006).

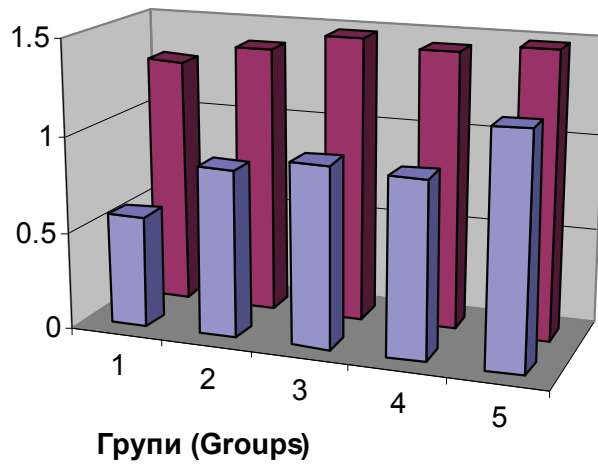
Съотношението ПННМК/НМК нараства с увеличаване на съдържанието на ленено семе във фуража, но въпреки че нарастването на стойността е сравнително голямо – от 0.28 до 0.35, липсва статистическа достоверност на наблюдаваните разлики ($P>0.05$), което е еднопосочно с резултатите, получени от **Leskanich et al.** (1997), които също не наблюдават достоверни промени в съотношението ПННМК/НМК след включване на 2% рапично и 1% рибено масло във фуража. Същевременно наблюдаваните резултати се различават от получените от други автори установили нарастване на съотношението ПННМК/НМК в подкожната сланина след включване в смеската на свинете на соя (**Warnants et al.**, 1999) и ленено семе (**Cherian and Sim**, 1995; **Riley et al.**, 2000; **Kouch et al.**, 2003).

Съотношението n-6/n-3 намалява с нарастване на съдържанието на ленено семе във фуража. В сравнение с I група стойността се понижава достоверно при II група ($P<0.01$) и при III, IV и V група ($P<0.001$). В сравнение с II група стойността се понижава достоверно при IV и V група ($P<0.05$). Тези резултати са еднопосочни с наблюдаваното от много автори понижаване на n-6/n-3 съотношението в подкожната сланина на свинете при включване на ленено семе в смеската (**Cherian and Sim**, 1995; **Enser et al.**, 2000; **Riley et al.**, 2000; **Juarez et al.**, 2010; **Juarez et al.**, 2011).

В заключение може да се обобщи, че включването на ленено семе във фуража на свинете за угояване води до промени в мастнокиселинния състав на триацилглицеролите на подкожна сланина. Съдържанието на n-3 мастните киселини нараства достоверно, докато това на n-6 мастните киселини остава непроменено. Това води до достоверно понижаване на n-6/n-3 съотношението от 12.37 при контролната група до 7.28 при II група, 4.32 - при III, 3.82 - при IV и 3.83 - при V група. N – съотношението при III група, получавала 8% ленено семе във фуража и IV и V група, получавали 12 % ленено семе във фуража, напълно отговаря на препоръките на диетолозите за консумация на хранителни продукти с n-6/n-3 съотношение под 5, докато при II група, получавала 4% ленено семе във фуража, това съотношение остава над 5.

Другият показател за диетичност на месото – съотношението ПННМК/НМК – нараства от 0.28 при I група до 0.34 при V група и 0.35 при IV група. Независимо от това нарастването, което съотношението ПННМК/НМК отбелязва, е сравнително малко и без статистическа достоверност ($P>0.05$). Максималните стойности, до които достига това съотношение, макар и близки до минималната препоръчвана от диетолозите стойност (0.4), все пак, остават по-ниски от нея.

Стойностите на перокисното число на мазнината са представени на фиг. 1. В пряно състояние перокисното число нараства с увеличаване на съдържанието на ленено семе във фуража, като се отчита достоверна разлика между I и V група ($P<0.05$). След съхранение стойността също нараства, като в сравнение с I група стойността е достоверно по-висока при V група ($P<0.05$). Влиянието на фактора съхранение е добре изразено. То води до достоверно нарастване стойността на признака при I ($P<0.001$), II ($P<0.01$), III ($P<0.01$) и IV група ($P<0.05$). Отчита се също взаимодействие на двата изследвани фактора. В сравнение с I група в пряно състояние стойността на признака нараства достоверно при II, III, IV и V група ($P<0.001$) след съхранение. В сравнение с II група в пряно състояние стойността на при-



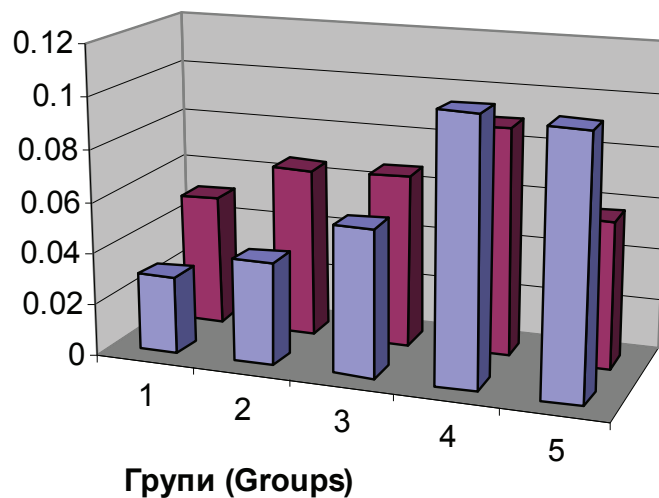
■ В прясно състояние (On fresh sample) ■ След съхранение (After storage)

Стойностите, различаващи се достоверно, са маркирани с различна суперскрипция.

Values differ significantly are marked by different superscription.

Фиг. 1. Перокисно число на мазнината от подкожна сланина в прясно състояние и след съхранение

Fig. 1. Peroxide value of lard from back fat on fresh sample and after storage



■ В прясно състояние (On fresh sample) ■ След съхранение (After storage)

Стойностите, различаващи се достоверно, са маркирани с различна суперскрипция.

Values differ significantly are marked by different superscription.

Фиг. 2. Число на тиобарбитуровата киселина на мазнината от подкожна сланина в прясно състояние и след съхранение

Fig. 2. TBARS of lard from back fat on fresh sample and after storage

знака е достоверно по-висока при III ($P < 0.01$) и IV ($P < 0.01$) група. В сравнение с III група в прясно състояние стойността на пероксидното число е по-висока при IV група ($P < 0.05$). Получените резултати са еднопосочни с тези на **Hertzman et al.** (1988), които използват рапица и рибено брашно като източник на ПННМК и съобщават за нарастване стойностите на пероксидното число след съхранение. Според тях и двата компонента поотделно ускоряват процесите на оксидация, но при комбинирането им тя протича най-интензивно. **Houben and Kroll** (1980-81), които експериментират със соево масло, също отчитат повишаване на пероксидното число след съхранение както на месото обогатено с ПННМК, така и на произведените от него месни продукти. При проведен от нас експеримент (**Doichev et al.**, 2001) с по-малко на брой равнища на ленено семе в смеската (0%, 4% и 8%) също наблюдавахме добре изразено влияние на съхранението върху стойностите на пероксидното число. Според **Karolyi et al.** (2012) подкожната сланина от прасетата, приемали ленено семе в смеската, показва понижена оксидативна стабилност след 3-дневен период на съхранение. **Hallenstvedt et al.** (2012) стигат до извода, че продължителното съхранение води до нарастване на оксидативните промени в продуктите обогатени с ПННМК.

Числото на тиобарбитуровата киселина (фиг. 3) нараства в прясно състояние с повишаване на съдържанието на ленено семе във фуража. IV група превъзхожда I и II група ($P < 0.001$), а също и III група ($P < 0.01$). След съхранение наблюдаваме достоверна разлика между I и IV група ($P < 0.05$). Наблюдава се и взаимодействие на двата изследвани фактора. В сравнение с I група в прясно състояние, стойността на признака е по-висока при II ($P < 0.05$), III ($P < 0.05$) и IV група ($P < 0.001$) след съхранение. Достоверна е също разликата между II група в прясно състояние и IV група след съхранение ($P < 0.01$).

Получените резултати са еднопосочни с тези на **Leszczynski et al.** (1992), в чийто експеримент след включване на 10% и 20 % соя в

смеската се установява нарастване на числото на ТБК на бекона както в резултат от нарастване съдържанието на соя във фуража, така и в резултат от съхранението за 60 дни. В експеримента на **Van Oeckel et al.** (1997) също се установява нарастване числото на ТБК в подкожната сланина в прясно състояние с увеличаване съдържанието на С18:3 n-3 във фуража. Резултатите от други експерименти не са така категорични. След опит с ленено семе **Romans et al.** (1995) съобщават, че в прясно състояние подкожната сланина не показва промени на гранивост. След преработването ѝ в свинска мас обаче, при всички опитни групи числото на ТБК е достоверно по-високо от това при контролната, а при по-нататъшната преработка на мазнината в сладкарски продукти равнищата при контролната и опитните групи нарастват почти пропорционално. **Mazhar et al.** (1990), които използват рапично семе като източник на ПННМК наблюдават малки, статистически недостоверни разлики, в числото на ТБК между контролната и опитните групи, в прясно състояние на мазнината и след 4-седмично съхранение. След 8 седмици съхранение разликите между групите стават статистически достоверни. В експеримента на **Teye et al.** (2006) след добавяне към фуража на свинете на соево или палмово масло (по 2.8%) не се наблюдава промяна в числото на ТБК на подкожната сланина в прясно състояние и след съхранение в продължение на 10 дни. В експеримента на **Riley et al.** (2000) след включване на 11.4% във фуража на свинете не се наблюдава влияние на лененото семе върху числото на ТБК както в прясно състояние, така и след съхранение за 10 дни. Според **Delgado – Pando et al.** (2012) повишеното ниво на ненаситени мастни киселини води до повишаване на числото на ТБК, макар че през периода на съхранение (85 дни при 2°C) то не достига допустимия праг от 0.5 mg/kg.

Заклучението, което може да се направи е, че двата изпитвани фактора – съдържание на n-3 мастни киселини в мазнината и съхранение на мазнината предизвикват нарастване на пероксидното число и числото на ТБК. Наблюдава

се и взаимодействие на двата фактора. Пероксидното число при IV и V група и числото на ТБК при IV група след съхранение са достоверно по-високи в сравнение с I група в прясно състояние.

Въпреки нарастването, най-високите стойности до които контролираните признаци достигат след съхранение остават в рамките на допустимото. Максималната допустима стойност на пероксидното число по БДС е 1.5. Стойностите, до които достига този признак след съхранение, макар и много близки до максимално допустимата, все пак са по-ниски от нея – 1.48 (при III и V група). Що се отнася до числото на ТБК, то не е показател по БДС, но с максималните стойности, до които достига – 0.103 при IV група в прясно състояние), то също е под границите, които се сочат като допустими при него. Според **Grey and Pearson** (1987) максимално допустимата стойност на числото на ТБК от гледна точка на отклонения във вкуса е 0.5, а според **Teye et al.** (2006) - дори 1.0.

Не се установява достоверно влияние на съдържанието на α -токоферол във фуража върху оксидативните процеси в мазнината. Дори пероксидното число при животните от V група (получавали α -tocopherol 200 mg/kg фураж) в прясно състояние е по-високо, а след съхранение е почти равно на стойността му при прасетата от IV група. Единствено числото на ТБК след съхранение е по-ниско при V група в сравнение с IV, но разликата не е статистически достоверна. Това е в противоречие с резултатите на преобладаващата част от авторите, които съобщават за благоприятно въздействие на α -токоферола върху оксидативната стабилност на липидите в мазната тъкан при свинете (**Van Oeckel et al.**, 1995; **Ahn et al.**, 2000; **Guo et al.**, 2006; **Dikeman**, 2007; **Santos et al.**, 2008; **Trefan et al.**, 2011; **Botsoglou et al.**, 2012). В противовес на цитираните до тук автори **Hertzman et al.** (1988) съобщават, че високите нива на витамин E във фуража не повлияват благоприятно върху оксидативната стабилност на тъканните липиди, а според **Lauridsen et al.** (1999) добавянето му във фуража не влияе

върху антиоксидантния статус на тъканите при свинете. Обяснение за противоречивите резултати за влиянието на α -токоферола върху оксидативната стабилност на липидите може да се търси в изводите на **Hoving-Bolling et al.** (1998), според които тези противоречия се дължат до голяма степен на различния компонентен състав на комбинирания фураж при различните опити, понеже освен α -токоферолът, който се добавя при експерименталната постановка, съществуват и естествено налични във фуражите токофероли.

ИЗВОДИ

Лененото семе, добавено във фуража на свинете за угодяване в равнища 8% и 12% води до достоверно нарастване съдържанието на n-3 ПННМК и достоверно понижаване на n-сътношението в триацилглицеролите на подкожната сланина, в съответствие с препоръките на диетолозите под 5.0.

При участие на лененото семе във фуража на свинете до 4% промените в мастнокиселинния състав на триацилглицеролите в подкожната сланина не са достатъчни за понижаване на n-сътношението под 5.0.

Включването на ленено семе във фуража на свинете за угодяване в равнища до 12% през последните два месеца на угодяването не води до повишаване на съотношението ПННМК/НМК в триацилглицеролите на подкожната сланина над препоръчаната минимална стойност 0.4.

Както високото съдържание на n-3 ПННМК в мазнината, така и нейното съхранение способстват за формирането на продуктите на оксидация, а освен това се наблюдава и взаимодействие на двата фактора.

При съдържание на лененото семе в смеската до 12 % и съхранение на мазнината до два месеца пероксидното число и числото на тиобарбитуровата киселина не надвишават максимално допустимите стойности.

Не се установява ограничаващо влияние на α -токоферола във фуража върху пероксидното число и числото на ТБК в мазнината от подкожна сланина.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ангелов, А.**, 1994. Ефект на растителни масла приемани с дажбата върху съдържанието и състава на липидите в тъкани при рано отбити агнета. Дисертация, стр. 47-48.
2. **Димов, В., Г. Димитров**, 1978. Изследване на неестерифицираните мастни киселини в кръвта. Животновъдни науки, об. XV, N 4, стр 92-98.
3. **Дойчев, В, А. Ангелов, С. Рибарски, М. Киров, В. Кацаров, П. Петров**, 2001. Влияние на различни равнища ленено семе в дажбата върху мастнокиселинния състав на тъканните триацилглицероли при свине за угояване. Животновъдни науки, N 2, 59-63.
4. **Ahn, D. U., S. Lutz and J. S. Sim**, 1996. Effects of dietary α -linolenic acid on the fatty acid composition, storage stability and sensory characteristics of pork loin. Meat Science, vol. 43 No 3-4: 291-299
5. **АОАС**, 1990, Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
6. **Bligh, E. G. and W. J. Dyer**, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37; 8, 911-917.
7. **Botsoglou E., A. Govaris, I. Ambrosiadis, D. Fletouris**, 2012. Lipid and protein oxidation of α -linolenic acid-enriched pork during refrigerated storage as influenced by diet supplementation with olive leaves (*Olea europea* L.) or α -tocopheryl acetate. Meat Science 92, 4, 525–532
8. **Cherian, G. and S. Sim**, 1995. Dietary α -linolenic acid alters the fatty acid composition of lipid classes in swine tissues. Journal of Agricultural and Food Chemistry; 43 (11) 2911-2916, 34 ref.
9. **Corino, C., Musella, M., & Mourot, J.**, 2008. Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of liveweight. Journal of Animal Science, 86(8), 1850–1860.
10. **Delgado-Pando G., S. Cofrades, C. Ruiz-Capillas, M. Triki, F. Jiménez-Colmenero**, 2012. Enriched n-3 PUFA/konjac gel low-fat pork liver pâté: Lipid oxidation, microbiological properties and biogenic amine formation during chilling storage. Meat Science, 92, 4, 762–767
11. **Dikeman, M. E.**, 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality, Review Article. Meat Science, 77: 121-135
12. **Doichev, V., A. Angelov, S. Ribarski and V. Katzarov**, 2001. Influence of ground flax seed in fattened pigs diets on fatty acid composition and physical and chemical characteristics of fats. Proceedings of the Second Global Workshop Bast Plants in the New Millenium 3-6 June, Borovetz, Bulgaria pp. 410-415.
13. **Enser, M., R. I. Richardson, J. D. Wood, B. P. Gill and P.R. Sheard**, 2000. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sosages. Meat Science, 55, 201 – 212.
14. **Givens, D. I., K. E. Klem, R. A. Gibbs**, 2006. The role of meat as a source of n – 3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. Meat Science, 74, 1, 209-218.
15. **Gray, J. I. and A. M. Pearson**, 1987. Rancidity and warmed overflavor. Adv. Meat Res., 3, 221.
16. **Guo, Q., Richert, B. T., Burgess, J. R., Webel, D. M., Orr D. E., Blair, M., Fitzner, G. E., Hall, D. D., Grant, A. L. and Gerrard, D. E.** 2006. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. J. Anim. Sci. 84: 3089-3099.
17. **Guilevic, M., M. Kouba, J. Mourot**, 2009. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. Meat Sci. 81, 612-618.
18. **Haak, L., S. De Smeet, D. Fremaut, K. Van Walleggem, K. Raes**, 2008. Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation. J. Anim Sci. in press (published online 29 February)
19. **Hallenstvedt E., M. Øverland, A. Rehnberg, N. P. Kjos, M. Thomassen**, 2012. Sensory quality of short- and long-term frozen stored pork products. Influence of diets varying in polyunsaturated

- fatty acid (PUFA) content and iodine value. *Meat Science*, 90, 1, 244-251.
- 20. Hertzman, C., L. Goransson and H. Ruderus**, 1988. Influence of fish meal, rape-seed and rape-seed meal in feed on the fatty acid composition and storage stability of porcine body fat. *Meat Science*, 23, 37-53.
- 21. Houben, J. H. and B. Krol**, 1980 - 81. Acceptability and storage stability of pork products with increased levels of polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*, 5, 57 - 70.
- 22. Hoving-Bolink, A., H., Eikelenboom, G., Van Diepen, J. T. M., Jongbloed, A. W., and Houben, J. H.** 1998. Effect of dietary Vit. E Supplementation on pork quality. *Meat Science*, 49: 205-212.
- 23. Huang, F. R., Zhan, Z. P., Luo, J., Liu, Z. X., & Peng, J.,** (2008). Duration of dietary linseed feeding affects the intramuscular fat, muscle mass and fatty acid composition in pig muscle. *Livestock Science*, 118(1-2), 132-139.
- 24. Irie, M. and M. Sakymoto**, 1992. Fat characteristics of pigs fed fish oil containing eicosapentaenoic and dokosahexaenoic acids. *J. Anim. Sci.*, 70, 470-477.
- 25. IUPAC Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives.** 1979. Pergamon Press, Oxford. Method 2.504, 143.
- 26. Juarez, M., M. E. R. Dugan, N. Aldai, J. L. Aalhus, J. F. Patience, R. T. Zijlstra, A. D. Beaulieu**, 2010. Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and backfat fatty acid composition of grower-finisher pigs. *Meat Science* 84 578-584
- 27. Juarez, M., M. E. R. Dugan, N. Aldai, J. L. Aalhus, J. F. Patience, R. T. Zijlstra, A. D. Beaulieu**, 2011. Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability *Food Chemistry* 126 1716-1723
- 28. Karolyi, D., D. Rimac, K. Salajpal, K. Kljak, I. Stokovich**, 2012. The influence of dietary linseed on alpha-linolenic acid and its longer-chain n-3 metabolites content in pork and back fat. *Veterinarski Arhiv* 82 (4), 327-339.
- 29. Kouba, M., M. Enser, F. M. Whittington, G. R. Nutte and J. D. Wood**, 2003. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *J. of Anim. Sci.* 81:1967-1979.
- 30. Lauridsen, C. G., G. Andersen, M. Andersson, V. Danielsen, R. Engberg, and K. Jakobsen**, 1999. Effect of dietary fish oil supplied to pigs from weaning to 60 kg liveweight on performance, tissue fatty acid composition and palatability of pork when slaughtered on 100 kg live weight. *J. Anim. Feed Sci.* 8: 441 - 456.
- 31. Lescanich, C. O., K. R. Mathews, C. C. Warkup, R. C. Noble and M. Hazledine**, 1997. The effect of dietary oil containing n-3 fatty acids on the fatty acids, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat and fat. *Journal of Animal Science*, 75, 673 - 683.
- 32. Leszczynski, D. E., J. Pikul, R. A. Faster, F. K. McKeith, D. G. McLaren, J. Novakovski, P. J. Bechtel, and D. E. Jewell**, 1992. Characterization of Lipid in Loin and Bacon from Finishing Pigs Fed Full-Fat Soybeans or Tallow. *J. of Anim. Sci.* 70:2175-2181.
- 33. Mazhar, A. J. R. Busboom, R. A. Field, D. C. Rule, T. Heald, W. C. Russell, and R. J. McCormick**, 1990. Functional Characteristics, Fatty Acid Composition, and Palatability of Bacon from Pigs Fed Canola. *J. of Food Sci.* 52(2):575-576.
- 34. Moran, E. T.**, 1996. Fat modification of animal products for human consumption. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, April. 58 (1-2): 91-99.
- 35. Ohkawa, N., N. Ohishi, K. Yagi**, 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* 95:351.
- 36. Pikul, J., D. E. Leszczynski, F. A. Kummerow**, 1993. Elimination of sample autoxidation by butylated hydroxytoluene additions before thiobarbituric acid assay for malonaldehyde in fat from chicken meat. *Y. Agric. Food Chem.* 31:1338.
- 37. Riley, P. A., M. Enser, G. R. Nute and D. Wood**, 2000. Effects of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of muscle and adipose tissue, *Animal Sci.*, 71, 483-500
- 38. Romans, J. R., R. C. Johnson, M. V. Duane, G. V. Libal and W. J. Costello**, 1995. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance

and on physical and sensory characteristics and omega – 3 fatty acid contents of pork: II. Duration of 15% dietary flaxseed. *J. Anim. Sci.*, , 73, 1987-1999.

39. Santos, C., L. Hoz, M. I. Kambero, M. C. Gabeza, and J. A. Ordonez, 2008. Enrichment of dry cured-ham with α -linolenic acid and α -tocopherol by the use of linseed oil and α -tocopheryl acetate in pig diets. *Meat Sci.* 80: 668-674.

40. Specht – Overholt, S. M., J. R. Romans, M. J. Marchello, R. S. Izard, M. G. Grews, D. M Simon, W. J. Costello, P. D. Evenson, 1997. Fatty acid of commercially manufactured omega-3 enriched pork products, Haddock, and Mackerel, 1997. *Anim. Sci.*, 75, 2235-2343

41. Stat. Soft. Inc. 1994. Statistica for Windows, General Covention and Statistics. I. Stat. Soft. Inc., Tusla, USA.

42. Taye, G. A., J. D. Word, F. M. Whittington, A. Stevart, P. R. Sheard, 2006b. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 2. Effects on properties of fat and processing characteristics of bacon and frankfurter-sryle suasages, *Meat Sci* 73 166-177

43. Trefan, L., BuË nger, L., Bloom-Hansen, J., Rooke, J. A., Salmi, B., Larzul, C., Terlouw, C. and Doeschl-Wilson, A. 2011. Meta-analysis of the effects of dietary vitamin E supplementation on a-tocopherol concentration and lipid oxidation in pork. *Meat Sci.* 87: 305-314.

44. Tzvetkova, V., G. Dimitrov, N. Mihalkova and M. Machev, 1998. Addipose Tissue lipids of Fattened Pigs Fed Nutritive Oil Additive. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 4, 511 – 519.

45. Van Oeckel, M. J., M. Casteels, P. Dirinck, N. Warnants and Ch. V. Boucque, 1995. Different aspects affecting the sensoty quality of pork. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 60/4a, 1727 – 1736.

46. Van Oeckel, M. J., M. Casteels, N. Warnants, L. Wan Damme & Ch. V. Boucque, 1997. Omega – 3 Fatty Acids in Pig Nutrition: Implications for the Intrinsic Sensory Quality of the Meat. *Meat Science*, 44, 1-2,55-63

47. Warnants, N., M .J. V.Oeckel and C.V. Boucque, 1999. Incorporation of Dietary Polyunsaturated fatty Acid into Pork Fatty Tissues. 77, 2478-2490

INFLUENCE OF FLAX SEED AND α -TOKOPHEROL IN PIG DIET ON FATTY ACID COMPOSITION AND OXIDATIVE STABILITY OF BACK FATT LIPIDS II. FATTY ACID COMPOSITION OF TRIACYLGLYCEROLS AND OXIDATIVE CHANGES IN FAT

V. Doychev

Thrakia University, Agricultural Faculty - Stara Zagora

SUMMARY

A trial with 70 hybrid pigs Swedish Large White (SLW) x Bulgaria Landrase (BL) x Hybrid boars of ham type (HB). The pigs have been divided in 5 groups (14 pigs per group) (7 male castrated and 7 female) equal in age and live weight. The pigs have been kept in individual pens since 46 kg to 120 kg live weight. During the last two months of fattening (78 – 120 kg) a flax seed 40, 80, 120 and 120 g/kg⁻¹ has been added to the compound feed of the pigs of experimental groups (II, III IV and V), respectively. Moreover alphantocopherol acetate 0.2 gr.kg⁻¹ has been added to the compound feed of pigs from V group.

Fatty acid composition of triacylglycerols of back fat, peroxide value and Thiobarbituric acid reactive substances of lard from back fat has been determined.

Considerable changes of fatty acid composition in triacylglycerols of back fat with increasing the level of flax seed in the diet has been established. Considerable increasing has been observed in the content of C18:3 n-3 (since 0.8% in I gr. to 2.53% in IV gr.) and in the content of C20:5 n-3 (since 0.1% in I gr. to 0.38% in V gr.). The ratio n-6/n-3 decreased significantly also (since 12.37 in I gr. to 3.82 in V gr.). There was no significant changes in the content of PUFA. The PUFA/SFA ratio increased slightly and statistically insignificant. Both increasing of n-3 PUFA content in back fat and storage of lard cause increasing of peroxide value and TBARS. Counteraction of both factors has been observed also.

Key words: *pigs; feeding; flax seed; n-3 PUFA; peroxide value; TBARS*