



## A konjugált linolsav előfordulása, élettani hatása és mennyiségének növelési lehetőségei a húsban

<sup>1</sup>Holló G., <sup>1</sup>Csapó J., <sup>1</sup>Seregi J., <sup>2</sup>Tózsér J., <sup>2</sup>Szűcs E., <sup>1</sup>Repa I.

<sup>1</sup>Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár, 7400 Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar, Gödöllő, 2103 Páter K. u. 1.

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A jelenlegi humán táplálkozási irányelveknek megfelelően ajánlatos a zsírtartalom csökkentése az étrendben és a hús zsírsav-összetételének módosítása, a telített zsírsavtartalom (SAFA) csökkentése mellett a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányának, ezen belül az n-3 zsírsavak mennyiségének növelése. Az "egészséges" zsírsav-összetételű hús kevés telített zsírsavat tartalmaz, főleg palmitinsav-tartalma (C16:0) alacsony, PUFA/SAFA aránya nagyobb, mint 0,45, az n-6/n-3 zsírsavak aránya kisebb, mint 4:1, és a zsír gazdag un. konjugált linolsavban. Az állati termékek konjugált linolsav (KLS) tartalma egyre nagyobb figyelmet kap napjainkban. Ezzel az elnevezéssel a linolsav (C 18:2 n-6) izomerjeit illetik amelyeknek nyolc változata közül a természetben a KLS két izomerje a cisz-9, transz-11 (c9t11), ill a transz-10, cisz-12 (t10c12) fordul elő, mindkettő biológiai aktivitással rendelkezik. Humán egészségügyi szempontból számos pozitív hatásuk van, amit együttesen és külön-külön is előidézhetnek: antikarcinogén, antiateroszklerotikus, antidiabetikus, immunválaszmódosító, valamint a test zsírtartalmát is csökkentik, miközben növelik annak fehérjetartalmát. A KLS főként a kérődzők termékeiben, a tejben és a húsban, fordul elő a bendő specifikus működése következtében, bár a pulyka zsírszövetében, patkányokban és a lovak vérszérumában is előfordulhat nagyobb mennyiségben. A húsban a KLS mennyiségét egyrészt genetikai, másrészt környezeti hatások befolyásolják. Egyes szarvasmarha fajták és azok húsának KLS tartalma között különbségek mutathatók ki, és a KLS mennyiségét bizonyos nagy hatású un. major gének jelenléte is befolyásolja. A környezeti tényezők közül a takarmányozás szerepe fontos. Általánosságban megállapítható, hogy a kiegészítésként takarmányba kevert KLS hatására a húsban is nő a KLS-tartalom, de meghatározó a tömegtakarmány/abrak aránya, valamint nem hagyható figyelmen kívül a felvett PUFA mennyisége és összetétele sem. Az állattenyésztők számára különösen fontos, hogy a KLS-sel kiegészített takarmányozással hogyan befolyásolható az állat testösszetétele, vágóértéke, illetve a húsának minősége. Gazdasági állatfajokban a takarmánykiegészítésként történő KLS adagolásakor a vágott test színhús mennyisége általában nő, a növekedés mértéke húsrészenként változó, és módosul a zsírsavösszetétel is, bár ez utóbbi fajonként ellentétes tendenciát mutat.*

*(Kulcsszavak: konjugált linolsav (KLS), esszenciális zsírsavak, nemesszenciális zsírsavak, linolsav, linolénsav)*

**ABSTRACT**

**The occurrence, physiological effect and possibilities of increasement of conjugated linoleic acid content of meat**

G. <sup>1</sup>Holló, J. <sup>1</sup>Csapó, J. <sup>1</sup>Seregi, J. <sup>2</sup>Tózsér, E. <sup>2</sup>Szűcs, I. <sup>1</sup>Repa

<sup>1</sup>University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Kaposvár, H-7400 Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Gödöllő, H-2103 Páter K. u. 1.

*According to current human dietary principles recommend a reduction in the fat content of the diet and the modification of fatty acid composition of meat, together with the reduction of saturated fatty acid content and an increase of the ratio of polyunsaturated fatty acids and within that increasing the ratio of n-3 fatty acids. The meat with „healthy” fatty acid composition contains low amount of saturated fatty acids; its maintenance of the palmitic acid content is low, the ratio of PUFA/SAFA is higher than 0.45, the ratio of n-6/n-3 PUFA is lower than 4:1 and the fat contains high amount of conjugated linoleic acid. The conjugated linoleic acid concentration of animal products has been getting more and more attention lately. The term conjugated linoleic acid (CLA) refers to isomers of linoleic acid, two (cis-9,trans-11 and trans-10,cis-12 CLA) of the eight variants are natural products and are known to possess biological activity. From the point of human health it has numerous positive effects, which the c9t11 and t10c12 CLA isomers can generated separately or synergistically, they have anticarcinogenic-, antiatherosclerotic-, antidiabetic activities, modulate the immune response, decrease body fat, whilst increasing body protein content. The occurrence of mainly CLA are in ruminants products meat and milk due to specific rumen metabolism, but the adipose tissue of turkey, rat and horse serum can also contain high level of CLA. The CLA content in meat can be influenced by both genetical and environmental factors. Specific differences can be found among cattle breeds and their CLA concentrations in meat and the effects of major genes on CLA concentration can also be observed. Feeding among the environmental factors plays an important role. Generally it can be assessed, that the CLA-content in meat increases due to the effect of dietary CLA, but it the forage/concentrate ratio, as well as the content and composition of PUFA should also be considered. For the livestock breeders it is essential to know how the body composition, slaughter value, meat quality could be affected by feeding CLA. In livestock breeds the dietary CLA generally result in enhancing lean meat content, but increase of the ratio of the meat cuts is different and fatty acid profile also changes, although each breed the latter shows contrary trends.*

(Keywords: conjugated linoleic acid (CLA), essential fatty acids, non-essential fatty acids, linoleic acid, linolenic acid)

**BEVEZETÉS**

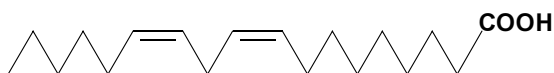
Az utóbbi évtizedekben a fejlett országokban - a túlzott kövérség, az artritisz, a diabetikus-, a szív- és érrendszeri-, valamint a rákos megbetegedések számának ugrásszerű növekedésével - az érdeklődés homlokterébe került az egészségmegőrző táplálkozás, melynek következtében a húsmínőséggel szemben támasztott fogyasztói igények is átalakultak. A humán táplálkozási irányelvek szerint az étrendben ajánlatos a zsírok, ezen belül a több telített zsírsavat tartalmazók fogyasztásának csökkentése (Gormley és mtsai., 1987). Ennek eredményeként a fogyasztók idegenkednek a hús, és az állati eredetű zsírok fogyasztásától (Claus, 1991), azok telített zsírsav- és koleszterin-

tartalma miatt. Mindezek következtében, a húsfogyasztás szerkezetében átrendeződés ment végbe. Megnőtt az un. fehér húsok (baromfi, hal) fogyasztása, a fogyasztók előtérbe helyezték - az ízletesség rovására is - a zsírban szegényebb húsokat, amelyekben a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya nagyobb, hiszen ezek szerepe a szív és érrendszeri megbetegedések megelőzésében elődlegesnek tűnik (Hartog és mtsai., 1987; Madsen és mtsai., 1992). A humán táplálkozási igényeknek megfelelő húsminőség biztosítása nagy kihívást jelent mind az állattenyésztők, mind az élelmiszer előállítók számára. Alapvető kérdés az, hogy miként tudják az állati termékek minőségét, táplálóanyag összetételét úgy megváltoztatni, hogy azok pozitívan befolyásolják a népesség egészségi állapotát (Jiménez-Colmenero és mtsai., 2001). Egyértelmű ugyanis a magas biológiai értékű húsoknak a kiegyensúlyozott táplálkozásban betöltött fontos szerepe. A nyers hús igazi egészséges élelem, amelynek táplálóanyagai könnyen emészthetők és könnyen felszívódnak. Jelentős makro- és mikroelemforrás, továbbá előny, hogy ezek biológiai hozzáférhetősége is kiváló (Bruce, 1994). A megváltozott igényeknek megfelelően napjainkban, egyrészt valamennyi állatfaj húsa a korábbinál kevesebb zsírt tartalmaz, másrészt megkezdődtek a próbálkozások a hús zsírsav-összetételének módosítására, a telített zsírsavtartalom (SAFA) csökkentése mellett a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányának, ezen belül az n-3 zsírsavak mennyiségének növelésére (Wood és mtsai., 1999; Demeyer, 2001). Az "egészséges" zsírsav-összetételű hús kevés telített zsírsavat tartalmaz, főleg palmitinsav-tartalma (C16:0) alacsony, PUFA/SAFA aránya nagyobb, mint 0,45, az n-6/n-3 zsírsavak aránya kisebb, mint 4:1, és a zsír gazdag konjugált linolsavban (Wood és mtsai., 1999; Warris, 2000; Moloney, 2001; Scollan, 2001).

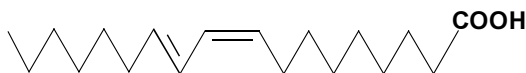
### A KONJUGÁLT LINOLSAV, IZOMERJEI ÉS ELŐFORDULÁSUK

A konjugált linolsav megnevezés azon linolsav-izomerek (szerkezeti és geometriai izomerek) gyűjtőneve, melyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést. A kettős kötések többnyire a 9, 11, vagy a 10, 12 helyzetben találhatóak (Ha és mtsai., 1987), de egyéb pozíciókban (8, 11; vagy 11, 13) is előfordulhatnak (Christie és mtsai., 1997). Mindkét kettős kötés lehet *cisz*, vagy *transz* konfigurációjú.

#### A linolsav és a konjugált linolsav képlete



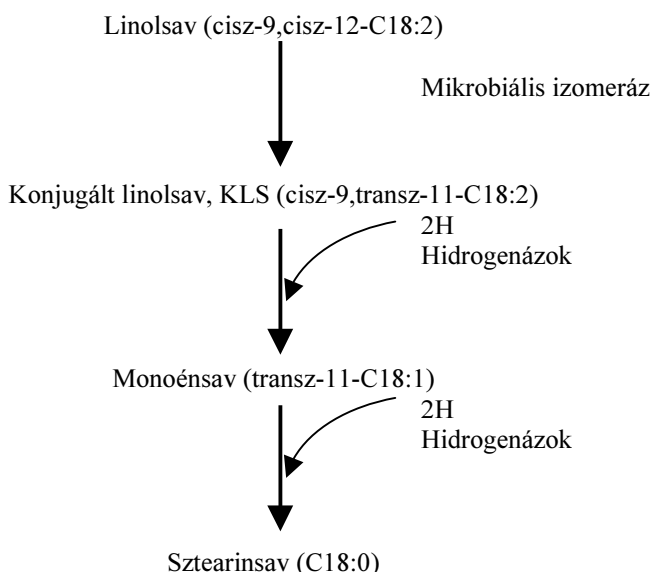
**cisz-9,cisz-12-C18:2 (linolsav)**



**cisz-9,transz-11-C18:2 (konjugált linolsav, KLS)**

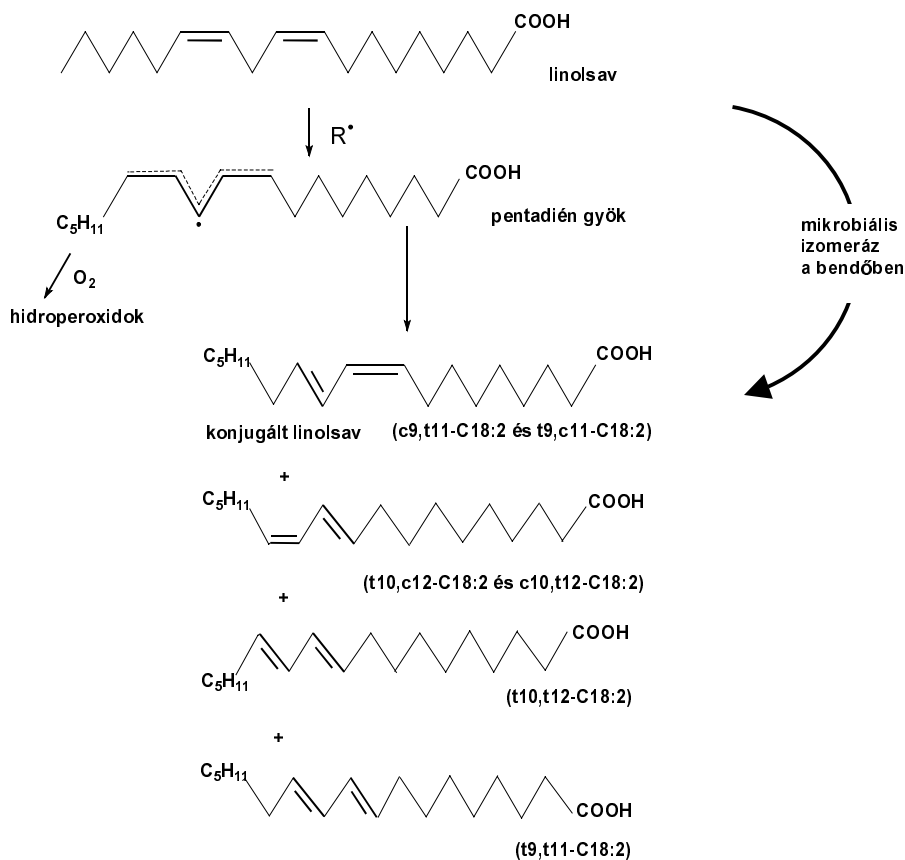
A KLS a természetben főként a többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hidrogénezése során termelődik. Ez a bakteriális enzimtevékenység főként a kérődző állatok bendőjében zajlik (*Shorland és mtsai.*, 1955; *Chin és mtsai.*, 1992) és feltételezik, hogy a patkányok bélcsatornájában található mikrobák is képesek a szabad linolsavat *cisz-9,transz-11* konjugált linolsavvá alakítani. Az előző szerzők ugyanis azt tapasztalták, hogy a patkányok linolsav fogyasztása befolyásolta szöveteik KLS-tartalmát. Magasabb linolsav bevitel esetében a patkány-szövetekből izolált lipidek KLS koncentrációja is jelentősen magasabb volt, mint a kevesebb linolsavat fogyasztó patkányoké.

#### A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben



A leggyakrabban előforduló természetes KLS izomer a *cisz-9,transz-11-C18:2* (c9,t11-KLS) (*Kepler és Tove*, 1967), amely a linolsav (*cisz-9, cisz-12-C18:2*) biológiai hidrogénezésének első lépésében keletkezik. A *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium mikrobiális izomeráz enzimének hatására a linolsavból (*cisz-9,cisz-12-C18:2*) először konjugált linolsav (*cisz-9,transz-11-C18:2*) képződik, majd a *cisz-9* kettős kötés két hidrogénatom felvételével telítődik. Így egy egyszerűen telítetlen zsírsav (*transz-11-C18:1*) jön létre. Ez további hidrogénezéssel sztearinsavvá (*C18:0*) alakulhat át (*Kepler és mtsai.*, 1971). Újabb vizsgálatok eredményei alapján feltételezni lehet, hogy a KLS a *transz-C18:1* zsírsavakból is kialakulhat a tehének tejmirigyében (*Griinari és Bauman*, 1999), vagy a patkányok májában (*Pollard és mtsai.*, 1980; *Holman és Mahfouz*, 1981); a  $\Delta 9$ -deszaturáz reakcióval (*Griinari és mtsai.*, 2000). A konjugált linolsavak kémiai reakciókban, enzimek közreműködése nélkül is kialakulhatnak a linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációja, vagy a ricinusolaj víztelenítése közben (*Padley és mtsai.*, 1994). *Dormandy és Wickens* (1987) kutatásai szerint a linolsav in vivo szabadgyökös autooxidációja során is keletkezhet KLS, nagy kéntartalmú fehérjék jelenlétében. *Berdeaux és mtsai.* (1997) olyan szintézis-módszert fejlesztettek ki, mellyel metil-c9,t11 KLS-t lehet előállítani ricinusolajból nyert ricinussav-metil észterből.

## A konjugált linolsavak kialakulása szabad gyökös reakcióval, ill. biológiai hidrogénezéssel linolsavból



A zsírsavösszetétel módosításával kapcsolatban az állati termékek konjugált linolsav (KLS) tartalma egyre nagyobb figyelmet kap napjainkban. A nyolc változat közül a *cisz-9, transz-11* változatát először *Pariza és mtsai.* (1979) mutatták ki marhahúsban. A természetben a KLS két izomerje az előbb említett *cisz-9, transz-11 (c9t11)* és a *transz-10, cisz-12 (t10c12)* fordul elő; csak ez a két változat rendelkezik biológiai aktivitással (*Pariza és mtsai.*, 2001). A KLS e két izomerjének humánegészségügyi szempontból számos pozitív hatása van, amit együttesen és külön-külön előidézhetnek: antikarcinogén, antioxidáns, (*Ha és mtsai.*, 1987, 1990; *Ip és mtsai.*, 1991, 1994) antiateroszklerotikus, antimutagén, antidiabetikus, immunválasz-módosító (*Beitz*, 2000; *Enser*, 2001), ezen kívül csökkentik a vér koleszterin szintjét (*Lee és mtsai.*, 1994) és a test zsírtartalmát, miközben növelik annak fehérjetartalmát (*Cassens*, 1999).

A KLS főként a kérődzők termékeiben a tejben és a húsban fordul elő a bendő specifikus működése következtében (*Chin és mtsai.*, 1992; *Takenoyoma és mtsai.*, 1999). A pulyka zsírszövetében mért KLS érték hasonló a kérődzőkéhez (*Chin és mtsai.*, 1992) és úgy tűnik a patkányok is képesek KLS szintézisére (*Chin és mtsai.*, 1994). *Park és Pariza* (1998) eredményei szerint a lovak vérszérumában meglepő módon nagy

mennyiségű c9t11 és t10c12 KLS-izomer mutatható ki (0,53 és 0,40% az összes zsírsav %-ában).

### **A konjugált linolsav in vivo és in vitro szintézise**

A monogasztrikus állatokkal szemben a kérődzők húsában akkumulálódó zsírsavak eltérnek a takarmányban felvett zsírsavaktól. A bendő mikroorganizmusok egyrészt hidrolizálják a takarmányból felvett zsírokat (lipolízis), másrészt biológiai hidrogénezés során a takarmányban nagyobb arányban lévő telítetlen zsírsavakat telített zsírsavakká alakítják. Emellett számos intermedier termék is keletkezik, melyek a kérődzőkre jellemzőek (KLS és transz MUFA). Az 1. táblázat adatai szerint a kérődzők húsának KLS-tartalma jóval nagyobb a nem kérődző állatfajokénál.

### **1. táblázat**

#### **A hús cisz-9, transz-11 KLS-tartalma fajonként (Takenoyama és mtsai., 1999)**

Faj (1)	c9t11 KLS (2)	
	mg/100g hús (3)	mg/100g zsír (4)
Szarvasmarha (5)	3,21	31,62
Juh (6)	2,28	4,79
Kecske (7)	6,35	11,79
Sertés (8)	0,63	1,94
Baromfi (9)	0,56	3,65

*Table 1: The cis-9,trans11 CLA content of the meat according to species*

*Species(1), c9t11 CLA(2), mg/100g meat(3), mg/100g fat(4), Cattle(5), Sheep(6), Goat(7), Pig(8), Poultry(9)*

Kérődzőkben a *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium működése következtében a linolsavból a biohidrogénezés során először KLS termelődik (Kepler és Tove, 1967). A bendőben végbemenő biológiai hidrogénezés során második lépésben a KLS két hidrogén felvételével monoénsavvá (t11C18:1), majd további két hidrogén felvételével sztearinsavvá (C18:0) alakulhat (Csapó és mtsai., 2001a, b, c; Scollan, 2001; Moloney, 2001). A humántáplálkozás szempontjából ezen átalakulások mindenféleképpen kedvezőtlenek, mert a többszörösen telítetlen zsírsavakból telített zsírsavak képződnek, csökken a PUFA/SAFA arány, az n-6/n-3 arány nő, a KLS mennyisége pedig csökken. Előfordulhat, hogy a biológiai hidrogénezés folyamata nem folytatódik tovább, a c9t11 KLS felszívódik, illetve a kialakult monoénsav (t11C18:1) sztearoil koenzim A-deszaturáz enzim segítségével visszaalakulhat c9t11 KLS-vá az emlősök sejteiben (Holman és mtsai., 1980 cit., Pariza és mtsai., 2001). Úgy tűnik, hogy endogén úton, e szerint képződik a c9t11 KLS a tejben (Griinari és mtsai., 1999).

Raes és mtsai. (2001) a bendőben, az izomban, a szubkután és az intramuszkuláris zsírban mért c9t11 KLS/tC18:1 arány alapján feltételezik, hogy a zsírszövetben is keletkezhet endogén módon KLS, mert a zsírszövetben ez az arány nagyobb volt (2. táblázat). Hozzáteszik azonban, hogy további in vitro kutatások és enzim vizsgálatok szükségesek ezen hipotézis megerősítéséhez.

## 2. táblázat

Egyes zsírsavak mennyisége (%) és a c9t11 KLS/tC18:1 aránya a fehér-kék belga bikák bendő tartalmában, szubkután és intramuszkuláris zsírjában  
(Raes és mtsai., 2001)

A vizsgált zsírsav (1)	Bendő tartalom (2)	Szubkután (3)	Intramuszkuláris (m.LD) (4)	P
Az összes zsírsav %-ában (5)				
C18:2 n-6	8,32(4,42)	3,99(0,69)	16,6(2,81)	<0,0001
C18:3 n-3	5,05(4,29)	0,94(0,24)	2,42(0,56)	0,012
c9C18:1+c11C18:1	5,52(2,42)	30,0(3,41)	19,9(2,90)	<0,0001
t11C18:1	4,31(1,99)	1,45(0,45)	1,19(0,82)	<0,0001
c9t11KLS	0,29(0,26)	0,86(0,20)	0,48(0,12)	<0,0001
c9t11KLS/t11C18:1	<b>0,10(0,11)</b>	<b>0,65(0,27)</b>	<b>0,51(0,23)</b>	<0,0001

Table 2: Quantity of some fatty acids and the rate of c9t11 CLA/tC18:1 in the rumen content and subcutane and intramuscular fat of Belgian Blue bulls

Name of the fatty acid(1), Rumen fluid(2), Subcutane(3), Intramuscular(4), Relative percentage of the fatty acids(5)

Martin és Jenkins (2001) in vitro vizsgálták a bendő baktériumok működésére ható környezeti tényezőket. Kísérleti eredményeik szerint a tC18:1 zsírsav koncentráció az inkubáció teljes ideje alatt növekedett és maximumát a 48. órában érte el. Az első 8 órában a KLS termelés kis mértékű, a 24-30 óra között a c9t11 KLS, a 24-32 óra között pedig a t9t11 KLS koncentrációja a nagyobb. Megállapították, hogy ha az extracelluláris pH 5,0 alá csökken akkor sem a tC 18:1, sem a KLS izomerek nem mutathatók ki. Vizsgálataik szerint a bendő baktériumok működését leginkább az inkubált kultúra pH értéke befolyásolja. Griswold és mtsai. (2001) a kukoricaszilázs és a szójaolaj hatását vizsgálták in vitro körülmények között a bendő KLS termelésére. A szójaolaj szignifikánsan növelte a t9t11, az összes vizsgált KLS izomer (c9t11, t9t11, c10t12), és a C18:1 mennyiségét. A kukoricaszilázs növelte a c9t11 mennyiségét, de a növekedés nem volt szignifikáns. Szignifikáns kukoricaszilázs és szójaolaj interakciót a t9t11, az összes vizsgált KLS izomer (c9t11, t9t11, c10t12 ) és a C18:1 zsírsav esetében kaptak. Az idő szignifikánsan befolyásolta a c9t11, a t9t11 és a C18:1 mennyiségét, ami a legnagyobb értékét az inkubáció 12. órájában érte el. Az összes vizsgált KLS izomer legnagyobb koncentrációját az inkubáció 24. órájában mutatta. Mindezek alapján mind a kukoricaszilázs, mind a szójaolaj felhasználható a KLS és C18:1 zsírsav mennyiségének növelésére.

### A KONJUGÁLT LINOLSAV MENNYISÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A húsban a KLS mennyiségét egyrészt genetikai, másrészt környezeti hatások befolyásolják.

#### Genetikai hatások

De Smet és mtsai. (2001) véleménye szerint nincs egyértelműen kimutatható összefüggés a egyes fajták és azok húsának KLS tartalma között. Ezzel szemben Mir és

mtsai. (2000) arról számolnak be, hogy a japán vagyú fajtavál keresztezett hízómarhák húsa több KLS-t tartalmaz, mint az európai fajták keresztezett utódai. Ma már nyilvánvaló, hogy a KLS mennyiségét bizonyos nagy hatású un. major gének jelenléte is befolyásolja. Raes és mtsai. (2000) a KLS mennyiségét vizsgálták fehér-kék belga fajta túlizmolt, normál, heterozigóta genotípusának intramuszkuláris zsírjában. Vizsgálatuk során megállapították, hogy a KLS a normál típusú egyedekben fordul elő legnagyobb mennyiségben. A KLS tartalom a homozigóta normál egyedek izmában háromszorosa a homozigóta túlizmolt egyedekének, ugyanakkor az összes zsírsav vonatkozásában 45% körüli a KLS aránya mindhárom genotípusban (3. táblázat). A genotípusok közti sorrend azt sugallja, hogy a miosztatin génmutáció befolyásolja a hús KLS-tartalmát.

### 3. táblázat

**A c9t11 KLS mennyisége a fehér-kék belga bikák különböző genotípusaiban (Raes és mtsai., 2000)**

C9t11 KLS (1)	Homozigóta túlizmolt (2)	Heterozigóta túlizmolt (3)	Homozigóta normál (4)
mg/100g hús (5)	4,5	6,1	15,2
Az összes zsírsav %-ban (6)	0,45	0,39	0,51

Table 3: The content of c9t11 CLA in the different genotypes of Belgian Blue bulls

C9t11 CLA(1), Homozygous double-muscling(2), Heterozygous double-muscling(3), Homozygous normal(4), mg/100g meat(5), Relative percentage of the fatty acids(6)

De Smet és mtsai. (2001) szintén túlizmolt bikákkal végzett kísérletükben szoros pozitív ( $r=0,98$ ) összefüggést mutattak ki a c9t11 KLS-tartalom és az összes intramuszkuláris zsírtartalom között.

### Környezeti hatások

A környezeti tényezők közül a takarmányozás szerepe kiemelkedően fontos. Beer mann (2001) vizsgálati eredményei szerint, ha a takarmány 25%-ban full-fat extrudált szóját tartalmaz, az 20%-kal megnöveli a marhahús KLS-tartalmát. Általánosságban megállapítható, hogy a kiegészítésként takarmányba kevert KLS hatására nő a húsban a KLS-tartalom, ezen kívül a tömegtakarmány/abak aránya is meghatározó. Takenoyama és mtsai. (1999) felhívják a figyelmet arra, hogy a nagy mennyiségű szálastakarmány etetése szarvasmarhában és kecskében, mind a vesepecsenyében, mind a fartájéki húsban, illetve zsírban megnövelte a c9t11 KLS arányát, ellentétben a nagy mennyiségű koncentrált takarmányt fogyasztó állatokkal. Ugyanakkor nem hagyható figyelmen kívül a felvett PUFA mennyisége és összetétele (n-3, n-6) sem, ugyanis Dhiman és mtsai. 1999, Shantha és mtsai. 1997 (cit. Raes és mtsai., 2001), kísérletei szerint a KLS nagyobb mennyiségben akkumulálódik a szervezetben, ha n-3 zsírsavak is találhatóak a szarvasmarhák takarmányában.



## A KONJUGÁLT LINOLSAV ÉLETTANI HATÁSAI

Az állattenyésztők számára különösen fontos és a kutatások nagyrésze is arra irányul, hogy KLS-sel kiegészített takarmányozással befolyásolható-e az állat testösszetétele, vágóértéke, illetve a húsának minősége.

### Testösszetétel

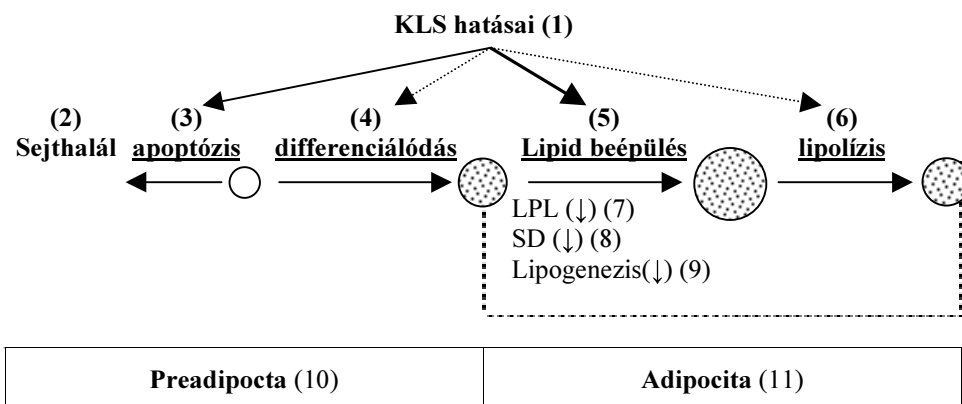
A KLS testösszetétel megváltoztatására gyakorolt hatásáról először *Park és mtsai.* (1997) számoltak be. Egereken végzett kísérleteik szerint a KLS-kiegészítést (c9t11, t10c12) kapott egyedek esetében megnőtt a színhús mennyisége, míg a test zsírtartalma szignifikánsan csökkent a kontroll csoport egyedeihez viszonyítva. Ugyanakkor a test zsírtartalma nagyobb arányban csökkent, mint ahogy annak fehérje tartalma nőtt.

### A konjugált linolsav hatása a zsírsejtekre

Egereken, patkányokon, hörcsögökön, sertéseken és embereken végzett kísérletek eredményei szerint a zsír depók csökkentésének módszere lehet a KLS táplálékkal való adagolása, melynek következtében, például a patkányok zsírsejtjeinek mérete csökken, miközben a számuk változatlan marad. Rágcsálókban a KLS a preadipociták proliferációját gátolja, az emberben és a sertésben viszont nem befolyásolja azt (*Mersmann, 2001*). A KLS t10c12 izomerje specifikus hatású a zsírsejtekre. Az 1. ábra szerint az izomer elsődlegesen a lipoprotein-lipáz (*Choi és mtsai., 2000; Bretillon és mtsai., 1999*), valamint a sztearoil-koenzim A deszaturáz (*Park és mtsai., 1997; Park és mtsai., 2000*) enzimek aktivitását közvetett úton csökkenti, így gátolja a zsírsejtekbe a lipid beépülést.

### 1. ábra

#### A t10c12 KLS hatása a preadipocitára és az adipocitára (*Pariza és mtsai., 2001*)



LPL: lipoprotein lipáz (*lipoprotein lipase*) SCD: sztearoil-koenzim A deszaturáz (*stearoyl-CoA desaturase*)

Figure 1: The effect of t10c12 CLA on adipocytes and preadipocytes

CLA effects(1), Cell death(2), Apoptosis(3), Differentiation(4), Lipid filling(5), Lipolysis(6), LPL(7), SDC(8), Lipogenezis(↓) (9), Preadipocyte(10), Adipocyte(11)

*Pariza és mtsai.* (2001) in vivo és in vitro kísérletek alapján feltételezik, hogy egér-preadipocitákban a KLS apoptózist okozhat. A KLS (különösen a t10c12 izomer) feltételezett hatása a preadipocita differenciálódás gátlása. Bár *Ding és mtsai.* (2000) in vitro sertés zsírszövetben elért eredményei szerint stimulálja azt, de ezt meggyőzően in vivo kísérletek eredményei nem igazolták. Jelenlegi ismeretek szerint a lipolízis mértékét nem növeli a KLS, viszont a fő hatásának köszönhetően - az adipociták zsírfelvételének gátlása miatt - a lipolízis mértékét befolyásolhatja. A KLS izomer hatásának vizsgálatakor nem szabad figyelmen kívül hagyni a zsírsejtek mikrokozonyát, lokalizációját és élettani funkcióját. Mindezt alátámasztják a sertésekben végzett kísérletek eredményei, amelyek szerint a KLS a szubkután zsírszövet mennyiségét csökkenti, miközben nő az intramuszkuláris zsír aránya (*Dugan és mtsai.*, 1999).

#### **A konjugált linolsav hatása a vázizomra**

A KLS vázizomzatra gyakorolt hatásáról még kevesebb információ áll rendelkezésre, mint a zsírszövet esetében. Egereknél *Park és mtsai.* (1997) bizonyították, hogy a KLS-hatására a vázizomzatban a *karnitin-palmitin transzferáz* enzim aktivitása nő, mely megnövekedett  $\beta$ -oxidációhoz vezethet. Feltételezik továbbá (*Pariza és mtsai.*, 2000), hogy a KLS-nek szerepe van az izom mennyiségének fenntartásában és növelésében, amely az immunfunkcióval is kapcsolatban van.

#### **Takarmányértékesítés, növekedés, vágott test összetétel**

Broilerekben (*Badinga és mtsai.*, 2001) a takarmánykiegészítőként adagolt KLS szignifikánsan csökkentette a takarmány felvételt, de a takarmány értékesülése jobb volt, mint a kontroll csoportoké. A KLS a combizom zsírtartalmát 30%-kal csökkentette, ennek következtében a vágott test hús:zsír aránya 45%-kal javult. Broilerekben a KLS kiegészítés a színhús mennyiségét a zsír mennyiség rovására növeli, ami újszerű stratégiát jelent a vágott test zsírmennyiségének csökkentésére és a baromfi hús minőségének javítására. *Corino és mtsai.* (2001) vizsgálatai szerint 172 kg átlagos élősúlyban vágott sertések növekedésére, a vágott test és a hús minőségre nem volt szignifikáns hatása az átlagosan 97 kg élősúly elérése után takarmányba kevert KLS-nek, ugyanakkor a sonka zsírszövetének zsírsav-összetételét szignifikánsan befolyásolta. Az eredmények azt mutatták, hogy a SAFA és a KLS-tartalom szignifikánsan nőtt, míg az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya csökkent. *Lee és mtsai.* (1999) vizsgálati eredményei szerint sertéseknek vágás előtt 4 héten át adagolt KLS kiegészítés szignifikánsan megnövelte a karaj KLS-tartalmát. A megnövekedett KLS-tartalommal megegyezően szignifikánsan nőtt az arachidon-, a palmitin-, linol-, és mirisztinsav aránya, míg az olajsav-aránya csökkent. Az eredmények azt sugallják, hogy a KLS a  $\Delta^9$  deszturáz enzim aktivitását gátolja. A takarmány kiegészítésként sertések takarmányába kevert KLS segítségével, a karaj KLS mennyisége növelhető, ezáltal módosítható a zsírsavösszetétel és gátolható a lipid oxidáció. A kiegészítésként adott KLS növeli a sertések zsírsavösszetételének palmitin- és sztearinsav, míg csökkenti az olaj-, a linol-, a linolén- és az arachidonsav mennyiségét. Úgy tűnik, hogy a KLS jótékony zsírarány csökkentő hatását a vágott testben csak a hizlalás befejező szakaszában fejt ki (*Ramsay és mtsai.*, 2001). *Swan és mtsai.* (2001) szerint a takarmány kiegészítő KLS eltérő hatású a sertések elsőrendű húsrészeiben. A karaj színhús mennyiségét növeli, a sonkát viszont nem befolyásolja. A hasszalonnában növekszik a fehérje és a víz aránya, a zsír arányának csökkenése mellett, mely fogyasztói szempontból sokkal kedvezőbb szalonna minőséget eredményez.

*Thiel-Cooper és mtsai.* (2001) sertésekkel a hizlalás befejező szakaszában végzett kísérleti eredményei szerint a takarmány KLS mennyiségének növelésével lineárisan nőtt a napi súlygyarapodás, a napi takarmányfelvétel azonos szinten maradása mellett. A zsírdepók csökkentésével párhuzamosan nőtt a szalonna keménysége és kevesebb veszteség származott a kivágott hájból. A KLS beépülése a húsba pozitívan befolyásolja a fogyasztók egészségét. A KLS javítja a takarmányértékesítő képességet sertésekben, csökkenti a hátszalonna vastagságot, márványozottabb és keményebb (szilárdabb) lesz a hasszalonna. A korai poszt mortem időszakban alacsonyabb a pH, ami nagyobb L\* értékeket eredményez a hasszalonnában. A takarmányértékesítő képesség javítása és a hátszalonna vastagság csökkenése kedvezőbb hús minőségi tulajdonságokkal a sertés hús termelés gazdaságosabbá és jövedelmezőbbé válását segíti elő, ha a takarmány 0,75%-ban KLS-t tartalmaz (*Wiegand, 2001*).

*Beitz* (2000) a takarmányba kiegészítésként KLS-t keverve azt tapasztalta, hogy a húsban is megnőtt a KLS mennyisége. Sertéssel és szarvasmarhával végzett kísérletei szerint nőtt a hízóállatok súlygyarapodása, a vágott test színhústartalma, viszont amíg a sertéshúsban a márványozottság és a hátszalonna vastagsága nőtt, addig a szarvasmarhában ellentétes hatást tapasztalt. A zsírsav-összetételt illetően a marhahúsban csökkent a mirisztinsav és az olajsav, nőtt a sztearinsav és a linolénsav mennyisége. A telített zsírsavak mennyisége is csökkent, miközben a sertéshúsban a mirisztinsav és a sztearinsav mennyisége nőtt, az olajsav és a linolénsav mennyisége csökkent. Összességében tehát a sertéshúsban a telített zsírsavak mennyisége nőtt.

*Enser és mtsai.* (1999) vizsgálatai rámutattak, hogy az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmazó lenolaj és halolaj kiegészítésként történő etetésekor a charolais keresztezett bikák húsában a KLS-tartalom nőtt, ezzel megegyezően nőtt a humántáplálkozás szempontjából kedvezőtlen transz C18:1 zsírsav mennyisége is, bár a növekedés mértéke lenolaj esetében kisebb. Az izom KLS és a transz C18:1 zsírsav tartalma között  $r=0,62$  szorossági kapcsolatot mutattak ki.

*Poulson és mtsai.* (2001) angus keresztezett bikákat két hizlalási periódusban négy csoportba osztva hizlaltak. Az előkészítő szakaszban az első a második és a harmadik csoport egyedeinek takarmányozása során a tömegtakarmány:abrak aránya 60:40 volt. A negyedik csoport egyedeinek lucernaszénát adtak. A hizlalás befejező szakaszában az első és második csoportban az adagolt tömegtakarmány abrak arány 15:85, ezen kívül a második csoport egyedei bendővédett KLS-t is kaptak. A harmadik és negyedik csoport egyedeit legeltették, a legelőfü nagy része perjéből és csomós ebírből állt. Vágás után húsmintákat vettek az ágyék és fartájékról, továbbá meghatározták a zsírsavösszetételt. A harmadik és negyedik csoport egyedeinek húsa - melyeket a hizlalás befejező szakaszában legeltettek - 275, ill. 470%-kal több C18:1 transz zsírsavat tartalmazott, mint az első csoport egyedei. A C18:1 cisz zsírsav esetében az egyes csoportok között nem volt szignifikáns eltérés. A negyedik csoport egyedeinek húsa, melyek csak tömegtakarmányt fogyasztottak, 550%-kal több c9t11 KLS-t tartalmazott, szemben a harmadik csoport egyedeivel, melyek csak a befejező szakaszban legeltek. A bendővédett KLS etetése kis mértékben növelte a hús KLS tartalmát. Szignifikáns növekedés csak a fartájékról vett mintákban volt kimutatható. A kísérlet eredményei alapján csak tömegtakarmányt fogyasztó vagy legeltetett állatokban növelhető a KLS mennyiség a húsban.

*Ivan és mtsai.* (2001) juhokban végzett kísérleti eredményei szerint - a takarmányba kiegészítésként kevert - linolsavban gazdag napraforgó olaj a rekeszizomból, a combizomból, és a rostélyosból vett szövetmintákban szignifikánsan növelte a KLS tartalmát. Eredményeikből megállapították, hogy a napraforgó olaj csökkenti a bendő

mikrobák számát és a palmitinsav arányát a zsírban, növeli viszont az izom és zsírszövet linolsav és KLS tartalmát.

### **Egyéb hatások**

A KLS immunválasz és enzim aktivitást módosító hatásának vizsgálata napjainkban került az állattenyésztési kutatások középpontjába. *Corino és mtsai.* (2001) a nyulak zsírszöveiben a KLS hatását vizsgálták a lipogénikus enzimek aktivitására. A takarmányba kevert KLS az enzimek aktivitását módosítja. Az *acetyl-coenzim A karboxiláz* aktivitását szignifikánsan csökkenti a perirenális és interscapuláris zsírszövetekben, míg a *glükóz-6-foszfát dehidrogenáz* aktivitását növelte a vese körüli zsírszövetben. *Bontempo és mtsai.* (2001) választott malacokban kimutatták, hogy a KLS az immunválasz paramétereit befolyásolja. A vérben a lizozim és az immunglobulin-G mennyiségét szignifikánsan növeli a takarmányba kevert nagyobb mennyiségű KLS. *Bassaganya-Riera és mtsai* (2001) megállapították, hogy a korai választású malacokban a KLS a celluláris immunválaszt és a limfociták proliferációját serkenti. *Weber és mtsai.* (2001) eredményeik alapján úgy vélik, hogy 9 héten keresztül a választás után malacok takarmányához 0,6% KLS-t keverve, az nem befolyásolja effektíve a növekedést, de a KLS módosítja a humorális immunválaszt. Nagyobb antitest koncentrációt mértek a *Mycoplasma hyopneumoniae* esetében KLS kiegészítésnél, mint a KLS kiegészítést nem kapó kontroll csoportban.

### **KÖVETKEZTETÉSEK**

- A humántáplálkozási igényeknek megfelelő húsminőség biztosítása nagy kihívást jelent az állatnemesítők, állattenyésztők és az élelmiszer-előállítók számára. Így a hús zsírtartalmának csökkentése mellett megkezdődtek a próbálkozások a zsírsavösszetétel módosítására is.
- A humán-egészségre gyakorolt pozitív - antikarcinogén, antioxidáns, antiateroszklerotikus, antimutagén, antidiabetikus - hatása miatt, kívánatos a hús konjugált linolsav tartalmának növelése.
- Kísérletes vizsgálatok szerint a hús KLS-tartalma takarmányozással befolyásolható. A takarmányba kevert KLS hatására nő a hús KLS-tartalma, de a beépülést a tömegtakarmány/abrak aránya és a takarmány PUFA összetétele (n-6, n-3) is befolyásolja.
- A KLS hatására megváltozik a testösszetétel, ebből következően a hasított test összetétele is. A vágott testben lévő színhús mennyisége nő, míg a zsírtartalma csökken, módosul a zsírsav-összetétel, bár az egyes fajok esetében ellentétes tendenciák tapasztalhatók.

### **IRODALOM**

- Badinga, L., Selberg, K.T., Corner, C.W., Miles, R.D. (2001). Performance and lipid deposition in broilers fed conjugated linoleic acid. *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 194.
- Bassaganya-Riera, J., Hontecillas-Magarzo, R., Bregendahl, K., Wannemuehler, M.J., Zimmerman, D.R. (2001). Effects of dietary conjugated linoleic acid in nursery pigs of dirty and clean environments on growth, empty body composition and immune competence. *J. Anim. Sci.*, 79. 714-721.
- Beitz, D. (2000). Does dietary conjugated linoleic acid improve meat quality? *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 23.

- Beermann, D.H. (2001). Product overview: Meat products. *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 140.
- Berdeaux, O., Christie, W.W., Gunstone, F.D., Sebedio, J.L. (1997). Large-scale synthesis of methyl cis-9,trans-11-octadecadienoate from methyl ricinoleate. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74. 1011-1015.
- Bontempo, V., Corino, C., Sciannimanico, D., Magni, S. (2001). Dietary conjugated linoleic acid (CLA) influence the immune response in weanling piglets. *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 194.
- Bretillon, L., Chardigny, J.M., Gregoire, S., Berdeaux, O., Sebedio J.L. (1999). Effects of conjugated linoleic acid isomers on the hepatic microsomal desaturation activities in vitro. *Lipids*, 9. 965–969.
- Bruce, A. (1994). Opening lecture. 45<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP, Edinburgh.
- De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D. (2001). Meat fatty acid composition as affected by genetics. Belgian Association for Meat Science and Technology Conference „Healthier meat in future?!” Ghent, 44-58.
- Cassens, R.G. (1999). Contribution of meat to human health. 45<sup>th</sup> ICoMST, Yokohama, Japan, 642-648.
- Csapó J., Vargáné Visi É., Csapóné Kiss Zs., Szakály S. (2001a). Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma. I. definíció, előfordulás, a tej konjugált linolsav-tartalmát befolyásoló tényezők. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 3. 95-106.
- Csapó J., Vargáné Visi É., Csapóné Kiss Zs., Szakály S.(2001b). Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma II. Irodalmi összefoglaló. A sajt, a vaj, egyéb tejtermékek és más élelmiszerek konjugált linolsav-tartalma. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 4. 13-21.
- Csapó J., Vargáné Visi É., Csapóné Kiss Zs., Szakály S. (2001c). Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma III. Irodalmi összefoglaló. A konjugált linolsavak és a tejszír biológiai hatása; konjugált linolsavak az emberi szervezetben. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 4. 23-38.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W. (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognised class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.*, 5. 185-197.
- Chin, S.F., Storkson, J.M., Albright, K.J., Cook, M.E., Pariza, M. W. (1994). Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.*, 124. 2344-2349.
- Christie, W.W., Dobson, G., Gunstone, F.D. (1997). Isomers in commercial samples of conjugated linoleic acid. *J. Nutr.*, 124. 694-701.
- Shorland, F.B., Weenink, R.O., Johns, A.T. (1955). Effect of the rumen on the dietary fat. *Nature*, 175. 1129.
- Choi, Y.J., Kim, Y.C., Han, Y.B., Park, Y., Pariza, M.W., Ntambi, J.M. (2000): The trans-10,cis-12 isomer of conjugated linoleic acid downregulates stearoyl-CoA desaturase 1 gene expression in 3T3-L1 adipocytes. *J. Nutr.*, 130. 1920–1924
- Claus, R. (1991). Meat and consumer preferences in Europe: demography, marketing issues. *The European meat industries in the 1990's*. (Ed: Smulders F.J.M.) 1991, Utrecht, ECCEAMST, Audet Tijdschriften, Nijmegen, 217-246.
- Corino, C., Mourot, J., Pastorelli, G., Bontempo, V. (2001). Dietary conjugated linoleic acid (CLA) influence the lipogenic enzyme activities in adipose tissue and liver of rabbit. *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 194.
- Corino, C., Bontempo, V., Magni, S., Pastorelli, G., Rossi, R. (2001). Effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on growth carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. *J. Anim. Sci., Suppl.* 1. 195.

- Demeyer, D. (2001). Welcome. Belgian Association for Meat Science and Technology Conference „Healthier meat in future?!” Ghent, 4-7.
- Ding, S.T., McNeel, R.L., Mersmann, H.J. (2000). Conjugated linoleic acid increases the differentiation of porcine adipocytes in vitro. *Nutr. Res.*, 20. 1569–1580.
- Dormandy, T.L., Wickens, D.G. (1987). The experimental and clinical pathway of diene conjugation. *Chem. Phys. Lipids*, 45. 353-364.
- Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L. (1999). Feeding CLA to pigs: Effects on feed conversion, carcass composition, meat quality and palatability. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. 1.* (Eds.: Yurawecz, M.P., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W., Nelson, G.), Champaign: AOCS Press, 354-368.
- Enser, M. (2001). Fatty acid composition and health. Belgian Association for Meat Science and Technology Conference „Healthier meat in future?!” Ghent, 16-25.
- Enser, M., Choi, N.J., Kurt, E., Hallett, K., Wood, J.D. (1999). Conjugated linoleic acid (CLA) in muscle from steers fed different dietary lipids. 45<sup>th</sup> ICoMST, Yokohama, Japan, 652-653.
- Gormley, T.R., Downey, G., O’Beirne, D. (1987). Food, health, and the consumer. Elsevier Applied Sciences, London.
- Griinari, J.M., Bauman, D.E. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research. 1.* M.P.
- Griinari, J.M., Cori, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela, K.V.V., Bauman, D.E. (2000). Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by  $\Delta(9)$ -desaturase. *J. Nutr.*, 130. 2285-2291.
- Griswold, K.E., Apgar, G.A., Jakobson, B.N., Frantz, E.D., Robinson, R.A., Ely, J.S. (2001). Effect of corn silage and soybean oil on in vitro production of conjugated linoleic acid (CLA) and 18:1 fatty acids by beef finishing diets. *J. Anim. Sci., Suppl. 1.* 159.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8. 1881-1887.
- Ha, Y.L., Storckson, J., Pariza, M.W. (1990). Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 50. 1097-1101.
- Hartog, J.M., Verdouw, P.D., Klompe, M., Lamers, J.M.J. (1987). Dietary mackerel in pigs: effect on plasma lipids, cardiac sarcolemmal phospholipids and cardiovascular parameters. *J. Nutr.*, 117. 1371-1378.
- Holman, R.T., Mahfouz, M.M. (1981). Cis- and trans-octadecenoic acids as precursors of polyunsaturated acids. *Prog. Lipid Res.*, 20. 151-156.
- Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., Pariza, M.W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.*, 51. 6118-6124
- Ip, C., Singh, M., Thompson, H.J., Scimeca, J.A. (1994). Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.*, 54. 1212-1215.
- Ivan, M., Mir, P.S., Koenig, K.M., Rode, L.M., Neill, L., Entz, T., Mir, Z. (2001). Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Rumi. Res.*, 41. 215-227.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 59. 1. 5-13.
- Kepler, C.R., Tove, S.B. (1967). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.*, 242. 5686-5692.

- Kepler, C.R., Tucker, W.P., Tove, S.B. (1971). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.*, 246. 2765-2771.
- Lee K.N., Kritchevsky D., Pariza M.W. (1994). Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108. 19-25.
- Lee, J.I., Park, T.S., Ha, Y.L., Shin, T.S., Joo, S.T., Park, G.B. (1999). Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on fatty acid composition and lipid oxidation of pork loin. 45<sup>th</sup> ICoMST Yokohama, Japan, 452-453.
- Madsen, A., Jakobsen, K., Mortensen, H.P. (1992). Influence of dietary fat on carcass fat quality. A review. *Acta Agric. Scand. Sec. A. Anim. Sci.*, 42. 220-225.
- Martin, S.A., Jenkins, T.C. (2001). Factors affecting conjugated linoleic acid production by mixed ruminal bacteria. *J. Anim. Sci., Suppl. 1.* 159.
- Mersmann, H. (2001). Mechanism for conjugated linoleic acid-mediated reduction in fat deposition. *J. Anim. Sci., Suppl. 1.* 193.
- Mir, Z., Paterson, L.J., Mir, P.S. (2000). Fatty acid composition and conjugated linoleic acid content of intramuscular fat in crossbred cattle with and without Wagyu genetics fed a barley-based diet. *Can. J. Anim. Sci.*, 80. 195-197.
- Moloney, A. (2001). Meat fatty acid composition as affected by feeding. Belgian Association for Meat Science and Technology Conference „Healthier meat in future?!” Ghent, 34-43.
- Padley, F.B., Gunstone, F.D., Harwood, J.L. (1994). Occurrence and characteristic of oils and fats. *The lipid Handbook*. (Eds. Gunston, F.D., Harwood, J.L., Padley, F.B.) Chapman & Hall, London, 51.
- Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E., Pariza, M.W. (1997). Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32. 853-858.
- Park, Y., Pariza, M.W. (1998). Evidence that commercial calf and horse sera can contain substantial amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid. *Lipids*, 33. 817-819.
- Park, Y., Storkson, J.M., Ntambi, J.M., Cook, M.E., Sih, C.J., Pariza, M.W. (2000). Inhibition of hepatic stearoyl-CoA desaturase activity by trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid and its derivatives. *Biochim. Biophys. Acta*, 1486. 285-292.
- Pariza, M.W., Ashoor, S.H., Chu, F.S., Lund, D.B. (1979). Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Lett.*, 7. 63-69.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2000). Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 223. 8-13.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. (Review). *Progr. Lipid Res.*, 40. 283-298.
- Poulson, C.S., Dhiman, T.R., Cornforth, D., Olson, K.C., Walters, J. (2001). Influence of diet on conjugated linoleic acid content of beef. *J. Anim. Sci., Suppl. 1.* 159.
- Pollard, M.R., Gunstone, F.D., James, A.T., Morris, L.J. (1980). Desaturation of positional and geometric isomers of monoenoic fatty acids by microsomal preparations from rat liver. *Lipids*, 15. 306-314.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D. (2000). Conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids in intramuscular fat of Belgian Blue bulls: effect of double-muscling. 46<sup>th</sup> ICoMST Buenos Aires Argentina, 68-69.
- Raes, K., Ansorena, D., Chow, T.T., Fievez, V., Demeyer, D., De Smet, S. (2001). Introduction of n-3 fatty acids and conjugated linoleic acid into the intramuscular fat of belgian blue double-muscling bulls. 47<sup>th</sup> ICoMST Kraków, Poland, 114-115.

- Ramsay, T.G., Evock-Clover, C.M., Steele, N.C., Azain, M.J. (2001). Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. *J. Anim. Sci.*, 79. 2152-2161.
- Scollan, N. (2001). The healthy beef project. Belgian Association for Meat Science and Technology Conference „Healthier meat in future?!” Ghent, 26-33.
- Shorland, F.B., Weenink, R.O., Johns, A.T. (1955). Effect of the rumen on the dietary fat. *Nature*, 175. 1129.
- Swan, J.E., Parrish, F.C., Jr. Wiegand, B.R., Larsen, S.T., Baas, T.J., Berg, E.P. (2001). Total body electrical conductivity (TOBEC) measurement of compositional differences in hams, loins, bellies from conjugated linoleic acid (CLA)-fed stress genotype pigs. *J. Anim. Sci.*, 79. 1475-1482.
- Takenoyama, S., Kawahara, S., Murata, H., Muguruma, M., Yamauchi, K. (1999). A method for determining 9cis 11trans conjugated linoleic acid and some factors influencing its concentrations in meats. 45<sup>th</sup> ICoMST, Yokohama, Japan, 650-651.
- Thiel-Cooper, R.L., Parrish, F.C. Sparks, J.C., Wiegand, B.R., Ewan, R.C. (2001). Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 79. 1821-1828.
- Warriss, P.H.: *Meat Science An Introductory Text*. Cabi Publishing, Wallingford, 2000. 295.
- Weber, T.E., Schinckel, A.P., Houseknecht, K.L., Richert, B.T. (2001). Evaluation of conjugated linoleic acid and dietary antibiotics as growth promotants in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, 79. 2542-2549.
- Wiegand, B.R., Parrish, F.C., Swan, J.E., Larsen, S.T., Baas, T.J. (2001). Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases subcutaneous fat, and improves certain aspects of meat quality in Stress-Genotype pigs. *J. Anim. Sci.*, 79. 2187-2195.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Nutr. Soc.*, 2. 363-370.

Levelezési cím (*corresponding author*):

**Holló Gabriella**

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

7401 Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Animal Science*

*H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.: 36-314-155, Fax: 36-82-320-175

e-mail: [hollo.gabriella@ct1.atk.u-kaposvar.hu](mailto:hollo.gabriella@ct1.atk.u-kaposvar.hu)