

Az OTKA K 83150 kutatási szerződés két éves időszakra két elkülönülő témát tartalmaz, a tüdő membránlipidjei, valamint a surfactant részletes elemzését, baromfi és emlős fajokban. A munkatervet a két támogatott évben két részre bontva valósítottuk meg, először baromfi, majd emlős fajok vizsgálatával.

Előzetesen, tételesen megadva az elkészült munka ellenőrizhető eredményeit:

1. év: 6 baromfifaj, tüdő és surfactant foszfolipid zsírsavprofil, valamint a tüdő malondialdehid koncentrációjának meghatározása, allometrikus adatelemzés.
2. év: 9 emlősfaj, tüdő teljes foszfolipid, valamint alveolaris surfactant foszfatidilkolin és szfingomielin frakcióinak zsírsavprofil analízise, a tüdőszövet malondialdehid koncentrációjának meghatározása, allometrikus adatelemzés.

A két rész téma kidolgozása a szerződésben foglaltak szerint valósult meg, attól sem téma, sem időzítés tekintetében eltérés nem történt. Az elért eredményeket a témacímeknek megfelelő bontásban foglaltuk össze. A kísérletes munkát a Somogy Megyei Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság XV-I-31/446-10/2012 ügyiratszám alatt engedélyezte.

### **1.A madár (tubularis) tüdő parenchymális és surfactant foszfolipid (PL) zsírsavösszetételének allometrikus jellemzése, a szöveti és szekretált PL-ek testtömegfüggő összetételének vizsgálata céljából**

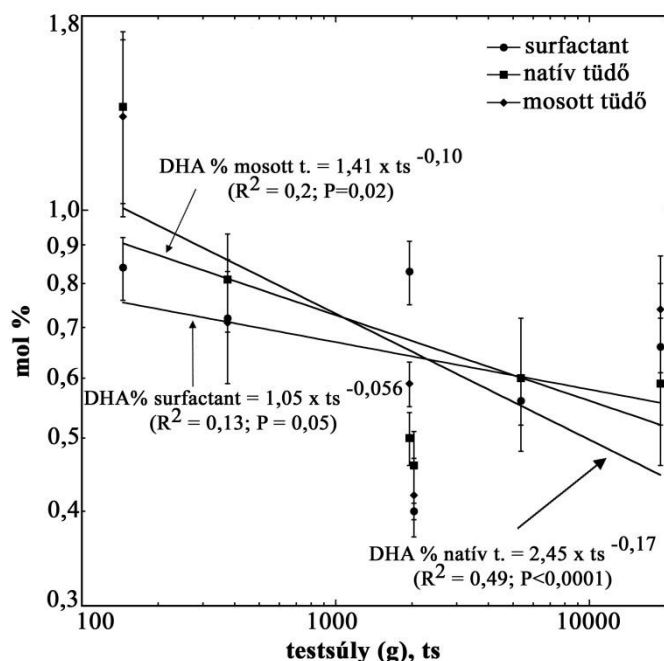
Az analízist a fürj (150 g) – pulyka (20 kg) spektrumon végeztük, összesen 6 fajban. A vizsgálatokban a teljes, hörgővel együtt kiboncolt tüdőt 3-szoros térfogatmennyiségű, 40 °C-os 0,9% NaCl oldattal mostuk át, a mosóoldat (broncho-alveolar lavage fluid, BALF) összegyűjtésével. A BALF teljes mennyiségét 10 percig 400 g-n centrifugáltuk a szövetmaradványok és a sejt elemek üleptése érdekében, majd a felülúszó 10 mL-éhez 40 mL Folch-féle extrakciós elegyet adtunk és a folyadékfázisban levő lipideket extraháltuk. A lipideket oszlopkromatográfiás módszerrel (Leray és mtsai, 1987) frakcionáltuk, mind a surfactant, mind a tüdő extraktumok esetében, majd mol% összetételben adtuk meg a gázkromatográfiás módszerrel meghatározott zsírsavprofil. A teljes tüdőszövet és a mosott tüdő (parenchyma) malondialdehid koncentrációját Placer és mtsai (1966) spektrofotometriás módszere szerint határoztuk meg.

Az allometrikus elemzések során a zsírsavprofil primer és származtatott adatait mint a testsúly  $x$ -edik hatványait határoztam meg (zsírsav mol% = konstans+testsúly<sup>x</sup>).

#### **1.a. A surfactant foszfolipidek zsírsavprofiljának testsúlyfüggése**

A madár surfactant foszfolipidek (PL) zsírsavprofilja markáns fajok közötti különbségeket mutatott, míg a vizsgált hat faj esetében egyező részarányt találtunk az  $\alpha$ -linolénsav, az összes monoén, az összes polién, valamint az összes n6 zsírsav részarányában. Pozitív allometrikus összefüggést igazoltunk a palmitinsav, az arachidonsav és a dokozapentaénsav részarányában, míg ellentétes irányú testsúlyfüggést állapítottunk meg a palmitoleinsav, a linsav, a gondoénsav és a dokozaheksaénsav részaránya esetében (**1. ábra**). Ezen túlmenően az összes telítetlen zsírsav részaránya, az egyszeres telítetlenség, az összes polién zsírsav, az összes n6 és n9 zsírsav, valamint az átlagos szénlánc hossz is negatív allometrikus összefüggéssel volt jellemezhető.

Az eredmények értékelésekor fontos szempont volt, hogy a madár tüdő tubuláris felépítésű, ennél fogva a surfactant fő feladata a légkapillárisok adhéziójának megőrzése. A surfactant szintézise II-es típusú pneumocitákhoz köthető, lamelláris testek formájában, fő funkcionális komponense pedig a dipalmitoil-PC és a palmitoil-oleoil-PC, melynek eredményeink is jól megfelelnek. Fontos eredmény, hogy a funkcionális komponensekben, és bizonyos esetekben azokon túl is meglehetősen variabilitást tapasztaltunk.



1. **ábra** A dokozahexaénsav (C22:6 n3) negatív allometriája a surfactant, a teljes tüdő és a tüdő parenchyma összes foszfolipidjében, madarakban

Ezzel szemben az emlősök légútjaiban előforduló, ún. airway surfactant felületaktív funkciója kevésbé fontos tényező, ami a madár surfactantra (annak tubuláris tüdejében) is jellemző (Bernhard és mtsai, 2004). Bernhard és mtsai (2001), valamint Rau és mtsai (2004) is azt tapasztalták, hogy a magasabb légzési frekvencia alacsonyabb PC16:0/16:0 mennyiséggel jár a surfactantban, míg a PC16:0/16:1 pozitívan korrelál a légzési frekvenciával emlősök alveoláris surfactantjában. Ennek megfelelően a szerzők funkcionális foszfolipidekként értelmezték a PC16:0/16:0 és a PC16:0/16:1 molekulákat, melyek mennyisége azonban mutat bizonyos variabilitást, míg az ennél telítetlenebb komponenseket másodlagos alkotókként jellemezték a szerzők (Bernhard és mtsai, 2001). Jelen vizsgálat allometrikus eredményei igen jól egybevágtak a fentiekkel, amennyiben a nagyobb testű madarak (jellemzően alacsonyabb légzési frekvenciával) allometrikusan csökkenő palmitoleát (C16:1 n7) részarányt mutattak, míg a palmitát esetében ellentétes összefüggést igazoltunk.

A legfontosabb eredményünk ezen vizsgálatban a DHA negatív allometriája, mely zsírsav egyébként inkább másodlagos komponensként van jelen a surfactantban (PC16:0/22:6n3 formában). A DHA negatív allometrikus alakulásának biológiai jelentőségével kapcsolatosan több lehetőség is felmerül: 1. A surfactant foszfolipidjei tipikus szekretált lipidek, ennél fogva „metabolikus ütemadók” elmélet részben kiterjeszhető a strukturális lipidekről a szekretált PL-ekre is. 2. Bernhard és mtsai (2001) szerint a surfactant a poszt-szekréción fázisban mintegy adszorbeálódik, amit nagyban nehezít, hogy a funkcionális komponensei élettani hőmérsékleten szilárdak. Bár a DHA mol%-ban kifejezett aránya nem túlzottan magas (0,40-0,84%), a DHA olvadáspontja igen alacsony (-44 °C), így az nagy valószínűséggel jelentősen hozzájárul a gél-szol átmenethez, majd az azt követő bevonatképzéshez (Bernhard és mtsai, 2004). 3. Emlősökben Murray és mtsai (2000, sertés), Blanco és mtsai (2004, egér), és Spragg és mtsai (2004, tengeri emlősök) igazolták, hogy a DHA etetés befolyásolja az alveoláris surfactant összetételét, anélkül, hogy annak funkcionális tulajdonságait megváltoztatná. Érdekes módon a táplálékeredetű DHA nemcsak a minőségét, hanem a mennyiségét is befolyásolja a szekretált surfactant-nak, miután igen hatékonyan inkorporálódik a II-es típusú pneumociták PL-jeibe (Baybutt és mtsai, 1993; Blanco és mtsai, 2004). Végül soron a DHA allometrikus változása (mind a surfactantban, mind pedig a parenchymában), a surfactant és az alpanyagsere intenzitása közötti összefüggés abban állhat, hogy a DHA hatékonyan képes emelni a szekretált surfactant mennyiségét, míg a magasabb anyagcsere intenzitás pozitívan korrelál a surfactant termeléssel, legalábbis emlősökben (Warburton és mtsai, 1987, bárány; Slocombe és mtsai, 2000, denevér). Hasonlóan az említett szerzőkhöz, Rau és mtsai (2004) is azt tapasztalták, hogy a magasabb légzési frekvencia (malac vs. kifejlett sertés) a surfactant magasabb polién zsírsav részarányával párosul, különösen pedig a PC16:0/22:6n3, mint a fluiditásért felelős komponens arányát emeli meg.

A surfactant PL-ek további zsírsavainál a legtöbb esetben az allometrikus (B) exponens vagy nullához igen közeli értéket vett fel (C20:1 n9; C20:4 n6; összes telítetlen zsírsav; összes n9 zsírsav; átlagos szénláncossz), vagy a szignifikáns allometrikus modell ellenére nem volt igazolható fajok közötti eltérés (összes monoén, összes polién, összes n6 zsírsav) varianciaanalízissel. Ez a fajta meglehetősen összetételi kiegyenlítettség minden bizonnyal a surfactant funkcionális sajátosságaiból fakad. Kifejezetten érdekes eredmény mindazonáltal, hogy az n6 zsírsavcsoport prekursor és termék zsírsavai (linolsav és arachidonsav) ellentétes allometrikus exponenst vettek fel. Tekintettel arra, hogy a takarmányok arachidonsav tartalma elhanyagolható volt, a szekretált arachidonsav minden bizonnyal linolsavból szintetizálódott. Ezen állítást Ridsdale és Post (2004) eredményei is alátámasztják, melyek szerint a lamelláris testek PL-jei szinte teljes mértékben a pneumocitákban szintetizálódnak. Az arachidonsav allometrikusan alakuló részaránya felhívja a figyelmet a surfactant esetében a foszfolipáz A2 szerepére, mely az arachidonsav hidrolitikus felszabadítása révén egyfajta szabályozó szerepet tölt be (Murakami és mtsai, 2011). Összegezve a madár surfactant PL eredményeket, a relatív magas szintű, minden bizonnyal funkcionális alapú összetételi hasonlóság mellett mind a funkcionális (palmitát és palmitoleát), mind pedig bizonyos másodlagos komponensekben (arachidonsav, DHA) is allometrikus sajátosságokat igazoltunk.

### 1.b. A teljes (natív) madártüdő és a parenchyma foszfolipidjeinek zsírsavprofilja

A teljes tüdőből nyert foszfolipidek zsírsavprofiljában is jelentősebb faji alapú eltéréseket igazoltunk, az arachidsav, a behénsav, illetve a teljes telítetlenség kivételével. Pozitív testsúlyfüggést tapasztaltunk az  $\alpha$ -linolénsav, az eikozadiénsav, az eikozatriénsav, és az eikozapentaénsav arányában, csakúgy mint a teljes telítetlenség, a teljes többszörös telítetlenség, és az összes n6 zsírsav arányában is. Negatív allometriát csak a dokozahexaénsav arányában találtunk (**1. ábra**).

Az alapos broncho-alveolaris mosással tisztított parenchyma esetében a teljes PL zsírsavösszetétel szintén jelentős fajfüggő eltéréseket jelzett. Pozitív allometriát az  $\alpha$ -linolénsav, az eikozatriénsav, az arachidonsav, az eikozapentaénsav, a teljes többszörös telítetlenség, valamint az összes n6 zsírsav arányában igazoltunk, míg ellentétes tendenciát mutattunk ki az olajsav, a gondoénsav, a DHA (**1. ábra**), illetve a teljes egyszeres telítetlenség, az összes n9 zsírsav és az átlagos szénláncossz esetében.

Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a madár légző szervrendszerében meglehetősen jól ismétlődő szabályszerűség a DHA negatív testsúlyfüggése, mind a strukturális (tüdő parenchyma), mind pedig a szekretált (surfactant) PL-ekben. Fontos megjegyezni, hogy a surfactant alapos eltávolítása kis mértékben ugyan, de befolyásolta a DHA allometrikus kitevőjét (-0,17-ről -0,1-re, **1. ábra**), ami arra utal, hogy a surfactant annak kisebb tömege okán kis mértékben ugyan, de hozzájárul a teljes tüdőben igazolt allometrikus DHA eloszláshoz. Legfontosabbnak tekinthető eredményünk, a DHA negatív allometriája úgy tűnik, egy általános összefüggés része lehet, hiszen több más madár szerv PL-jeiben is hasonló szabályszerűsége állnak fenn. A kapott allometrikus összefüggés meredeksége összevethetőnek bizonyult korábbi, szintén madár tüdő eredményeinkkel (B=-0,24; Szabó és mtsai, 2010), valamint Hulbert és mtsai (2002) mellizomban meghatározott értékével (B=-0,28) is, míg a madár miokardiális PL-ekben ennél határozottan negatívabb értéket igazoltunk (B=-0,6; Szabó és mtsai, 2006).

Ismereteink szerint madár tüdő parenchymális foszfolipidekben az eddigiekben nem történt hasonló elemzés, fontos azonban megjegyezni, hogy a jelen kontextusban alkalmazott parenchyma kifejezés magában foglalja a bronchusok, a parabronchusok, a pneumociták, illetve a kapillárisok és az interstitium tömegét is (ám vértől mentes). Ilyen elhanyagolás (pl. a vaszkuláris rész szerepe ismeretlen a teljes eredményben) szinte minden releváns, a fentiekben hivatkozott forrás esetében is fennáll. Davidson és mtsai (2000) eredményei szerint az alveoláris, II-es típusú pneumociták igen magas anyagcsere aktivitással jellemezhető sejtek, ennél fogva ez a celluláris sajátosság is minden bizonnyal hozzájárul a DHA erősen negatív allometriájához.

### 1.c. Szöveti malondialdehid koncentráció

A szöveti malondialdehid koncentrációt a natív és a mosott tüdőszövetből határoztuk meg, és mindkét esetben negatív testsúlyfüggést igazoltunk (B=-0,16). Az egyedi MDA és DHA adatok közötti korreláció szignifikánsnak bizonyult mindkét szövettípus esetében 0,39 (P=0,041, n=30) és 0,679 (P<0,0001, n=30) a natív és a mosott mintákban, rendre.

**Eredményeinket összegezve** a madár teljes tüdőszöveti, tüdő parenchymális és a surfactantban szekretált foszfolipidjei határozottan negatív allometrikus összefüggést mutatnak a DHA vonatkozásban, viszonylag kiegyenlített polién zsírsav szint mellett, a „membránok, mint az anyagszere ütemadói” elméletnek megfelelően. Nagy valószínűséggel mint funkció-specifikus pont a monoén zsírsavak pozitív allometriája nem volt igazolható a tüdőben.

## 2. Az emlős tüdő és alveolaris surfactant poláris lipidjeinek allometrikus elemzése

Metodikai szempontból a munka az 1. ponttól a fajspektrumban (egér-patkány-nyúl-kecske-juh-vaddisznó-szarvasmarha-gímszarvas-ló, ca. 20 g – ca. 500 kg), a surfactant analízisében és az adatértékelésben tért el. Surfactantból nem a teljes PL frakciót, hanem annak fő alkotóit, a foszfatidilkolin és a szfingomielin frakciókat elemeztük zsírsavprofilra irányulóan. A két frakció elválasztását vékonyrétegekromatográfiával végeztük. Az adatértékelés terén nemcsak a testsúly, hanem a nyugalmi légzésszám értékeket (Stahl, 1967) is figyelembe vettük.

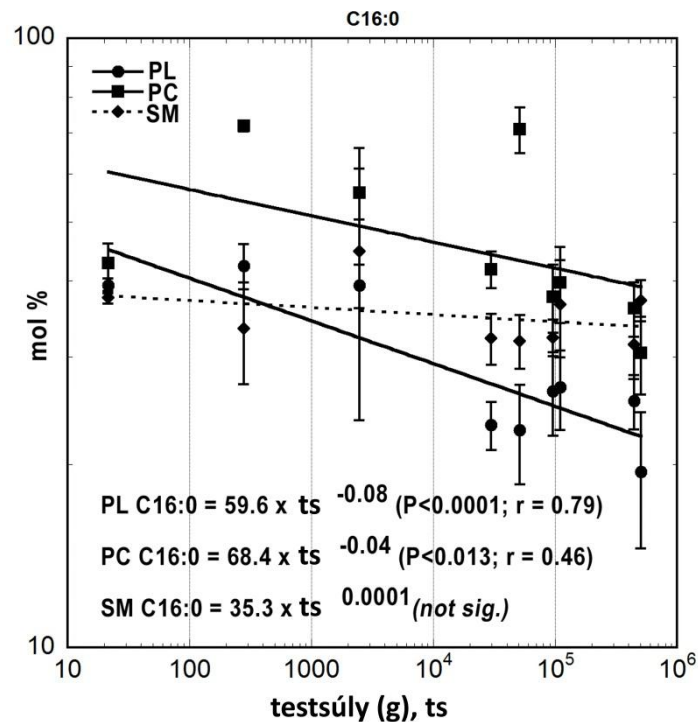
### 2.a. A nyugalmi légzésszám és a tüdő PL, valamint a surfactant PC és SM zsírsavprofil összefüggése

A nyugalmi légzésszám a testsúllyal a következő allometrikus kapcsolatot mutatta:  $NYL=276.1 \times \text{testsúly}^{-0.204}$  ( $P<0.0001$ ;  $r=0.84$ ,  $n=45$ ). A tüdő teljes foszfolipidjeiben, a surfactant foszfatidilkolin (PC) és szfingomielin (SM) frakcióiban egyaránt az olajsav negatív korrelációt mutatott a nyugalmi légzésszámmal. A palmitinsav erős pozitív korrelációt mutatott a tüdő teljes PL frakciójában a légzésszámmal, míg a mirisztinsav szignifikáns pozitív korrelációt mutatott a légzésszámmal a tüdő PL és a surfactant SM frakcióiban. Az összes n3 zsírsav részaránya negatívan korrelált a légzésszámmal a surfactant PC és SM frakcióiban.

A fenti eredményeket alátámasztó első publikált információ a nyugalmi légzésszám és a PC16:0/14:0 és PC 16:0/16:1 molekulák pozitív korrelációjára utalt, míg ellentétes összefüggésre a PC16:0/16:0 esetében, madár-emlős vizsgálati populációban (Bernhard és mstai, 2001). Míg a tüdő PL-ek főleg PC16:0/18:1 molekulában gazdagok, addig a surfactantra emlősökben a PC16:0/14:0 és a PC16:0/16:1 magas aránya jellemző, melyet saját eredményeink is megerősítenek. Bernhard és mtsai (2001) szerint a surfactant dinamikus funkciója priméren a PC16:0/14:0 és PC16:0/16:1 nyugalmi légzésszámmal összefüggő változásán (pozitív korreláció) keresztül valósul meg. Eredményeink egybevágóan ezzel, hiszen a nagyobb testsúlyú állatokban (melyekre alacsonyabb légzési frekvencia jellemző) kevésbé „dinamikus” surfactantot tapasztaltunk, alacsonyabb C16:0 részarányal (**2. ábra**).

### 2.b. Teljes tüdő foszfolipidek zsírsavprofilja (faj- és testsúlyfüggés)

A tüdő PL-ek zsírsavprofilja meglehetősen diverz zsírsavprofilt mutatott. Kis testsúllynál (egér, patkány és nyúl) a palmitinsav részaránya volt domináns, míg nagyobb testsúllynál a sztearin- és olajsav arány vált elsődlegessé. A nyúl és ló minták linolsav (C18:2 n6) aránya a többi fajt meghaladóan magas volt. Negatív allometrikus összefüggést igazoltunk a palmitinsav, a mirisztinsav, a palmitoleinsav és a dokozaheksaénsav arányában (**2. ábra**). Ezzel szemben pozitív testsúlyfüggő változást tapasztaltunk az olajsav, a gondoénsav és az összes n9 zsírsav részarányában, valamint az alfa-linolénsav arányában is.



**2. ábra** A palmitinsav arányának allometrikus alakulása a tüdő PL, valamint a surfactant PC és SM frakcióiban

### 2.c. Surfactant foszfatidilkolin zsírsavprofil

Az alveolaris surfactant foszfatidilkolin (PC) frakcióban a palmitinsav aránya volt domináns, enyhe negatív allometriás összefüggést mutatva (**2. ábra**), míg az átlagos szénlánc hossz esetében egyáltalán nem volt fajok közötti eltérés. A PC frakció ca. 60 % telített zsírsavat tartalmazott, és 100 zsírsavlánc csak 40-80 telítetlen kötést. Az n3 zsírsavak részaránya minimális volt (3%>), csakúgy, mint a C20 feletti zsírsavak részaránya. A nyúl és ló minták linolsav (C18:2 n6) aránya a többi fajt meghaladóan magas volt a PC frakcióban is. Pozitív allometrikus összefüggést igazoltunk az olajsav arányára vonatkozóan.

A surfactant élettani szerepe a felületi feszültség minimalizálása az alveolusokban, ennek megfelelően vékony, filmszerű bevonatként van jelen az alveoláris felszínen. Adhéziója a PL-ek fejszoporjának töltésétől is függ, nemcsak a zsírsavláncok minőségétől. Az eddigiekben a surfactant zsírsavprofilját kizárólag a nyugalmi légzésszámmal összefüggésben elemezték (Davidson és mtsai, 2000). Tekintettel arra, hogy a nyugalmi légzésszám allometrikus kapcsolatban áll a testsúllyal, felmerül, hogy a surfactant összetételében is fennállhat hasonló változatosság. Eredményeink az eddigi ismeretekhez két új vagy újszerű kiegészítést adnak: a jelen adatok szerint a palmitinsav nemcsak domináns komponense a surfactant poláris lipidjeinek, de a testsúllyal negatív allometrikus kapcsolatban áll ( $B = -0,042$ ). A második fontos kitétel, hogy Harwood és mtsai (1975) kisebb testméret mellett (nyúl vs. ökör) alacsonyabb surfactant olajsav részarányt mutattak ki. Ezt kiegészítve, vizsgálatunkban nemcsak megerősítettük az olajsav ilyen arányváltozását, hanem mind az olajsav, mind pedig az összes egyszeresen telített zsírsav esetében szignifikáns pozitív allometrikus összefüggést igazoltunk ( $B = 0,046$  és  $0,04$ , rendre). Ezen túlmenően fontos megemlíteni, hogy Bernhard és mtsai (2001) magasabb légzési frekvencia mellett magasabb PC16:0/14:0 részarányt mutattak ki emlős és madár vizsgálati populációban a surfactantban. Saját vizsgálatunkban allometrikus alapon is egyezést találtunk a fentiekkel, nevezetesen a C16:0 és a C18:1n9, a palmitin és az olajsav esetében. A PC frakcióban kapott eredményeinket összegezve azt tapasztaltuk, hogy a palmitinsav negatív allometrikus összefüggést mutat, ám a C16:1n7 (palmitolajsav) és a mirisztinsav (C14:0) arányváltozása csak a légzési frekvenciával volt összefüggésben, a testsúllyal lényegében nem.

### 2.d. Surfactant szfingomielin zsírsavprofil

A surfactant szfingomielin (SM) zsírsavprofilja teljes kiegyenlítettséget mutatott a telítettség és a palmitinsav részarány vonatkozásában a vizsgált fajspektrumon. Ugyanez a kiegyenlítettség jellemezte az egyszeresen

telítetlen savakat és az arachidonsav részarányát is, míg a nyúl és a ló minták, hasonlóan a fentiekhez, linolsavban igen gazdagok voltak. Allometrikus összefüggést egy zsírsav vagy származtatott mutató esetében sem igazoltunk.

A SM frakció a PC-hoz hasonlítva kis tömegarányt képvisel a surfactantban (1-2 tömeg%), de eredményeink alapvető egyezést mutattak Harwood és mtsai (1987) adataival, nevezetesen a domináns savak a palmitin- és a sztearinsav voltak. A SM frakció zsírsavprofilja főleg a ceramid prekursor összetételétől függ. A SM-ekben két molekuláris formához kötődően vannak jelen a zsírsavak: koleszerin-asszociált formában vagy C16-acilként. A SM hidrofóbicitásának mértéke nagyban függ a zsírsav lánc minőségétől, de igen fontos, hogy a bomlási terméke, a ceramid erősen visszaveti a surfactant felületi feszültség csökkentő hatását (Ryan és mtsai, 2000). Végző soron úgy tűnik, hogy a SM frakció zsírsavprofiljában tapasztalt minimális fajok közötti variabilitás a surfactant dinamikus funkciójáért lehet felelős.

## 2.e. A tüdő malondialdehid koncentrációja

Ezen mutató esetében semmilyen interspecifikus eltérést nem tudtunk kimutatni, a mért értékek 3.7 és 10.4 micromol/g tartományban voltak. A malondialdehid a C18 vagy annál hosszabb és legalább 3 telítetlen kötést tartalmazó zsírsavakból keletkező citotoxikus termék. A tüdőszövet igen kiegyensúlyozott telítetlensége lehetett azon faktor, mely hozzájárulhatott a tüdő, mint az oxidatív stressznek erősen kitett szerv igen kiegyensúlyozott oxidatív károsodási szintjéért.

**Eredményeinket összegezve** megfogalmazható, hogy a testsúlykülönbség, mely a vizsgált populációt jellemezte, 5 nagyságrendet fedett le ( $10^1 - 10^5$  g). Ezen széles tartományban megállapítottuk a palmitinsav negatív allometrikus arányváltozását mind a tüdőszöveti PL-ekben, mind pedig a surfactant PC frakciójában. A „membránok mint metabolikus ütemadók” elméletnek megfelelően a tüdőszövetben igazoltuk a dokozahexaénsav negatív allometrikus arányváltozását. A surfactant PC frakciójában tapasztalt zsírsavösszetéti változások inkább a nyugalmi légzésszámmal függenek össze, míg a SM frakcióban sem faj, sem testsúly okozta változatosságot nem tapasztaltunk. (A ló és nyúl fajok magas linolsav részarányát a számukra esszenciális sav takarmánybeli előfordulásának tulajdonítjuk.)

A kétéves támogatás időszakára kitűzött célok (1,2) mindegyikéről idegen nyelvű, impakt fakorral rendelkező folyóiratba készült közlemény, illetve egy nemzetközi konferencián meghívott előadóként ismertette az eredményeket a vezető kutató, az alábbiak szerint:

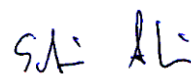
Szabó, A., Mézes, M., Balogh, K., Romvári, R., Horn, P., Fébel, H. (2012): Negative allometry of docosahexaenoic acid in the fowl lung and pulmonary surfactant. *Acta Biologica Hungarica*. 63(2): 202-217.

Szabó, A., Mézes, M., Fébel, H. (2013): Body mass related variations in the polar lipid fatty acyl chain composition of the mammalian lung and alveolar surfactant. *Acta Biologica Hungarica, közlésre elfogadva*

Szabó, A., Mézes, M., Balogh, K., Romvári, R., Fébel, H. (2012): On the allometric scaling of fatty acids in the phospholipids of metabolically active fowl tissues. In: Society for Experimental Biology 2012 Annual Main Meeting 29 June - 2 July 2012. Salzburg, Ausztria, 2012.06.29-2012.07.02. p. 120. [http://sebiology.org/meetings/Past\\_Meetings/Salzburg2012/programmes/Animal\\_abstracts.pdf](http://sebiology.org/meetings/Past_Meetings/Salzburg2012/programmes/Animal_abstracts.pdf)

A jelentésben citált források részletes bibliográfiai adatai a fenti közleményekben találhatóak meg, azokat terjedelmi okokból nem tüntettem fel.

Kaposvár, 2013.02.05.



Dr. Szabó András