

**Absorption and accumulation of the D-tryptophan content of foodstuffs in the inner organs of the rats**

K. Lóki<sup>1\*</sup>  
J. Csapó<sup>2,3</sup>

1. Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Élettani, Biokémiai és Állategészségügyi Intézet, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

\*E-mail: loki.katalin@ke.hu

2. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Élelmiszertechnológiai Intézet, Debrecen

3. SAPIENTIA Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék, Csíkszereda, Románia

TAKARMÁNYOZÁSTAN

# Takarmányok D-triptofántartalmának felszívódása és felhalmozódása patkányok belső szerveiben

Lóki Katalin<sup>1\*</sup>, Csapó János<sup>2,3</sup>

## ÖSSZEFOGLALÁS

Patkányokkal végzett kísérleteik során egyszeri, ill. folyamatos D-triptofán-(D-Trp) adagolást alkalmazva (100–600 mg/ttkg) a szerzők megállapították, hogy folyamatos etetés esetén az állatok testtömeg-gyarapódása a kontroll állatokéval azonos volt, és a vesénél és a lépénél 100, a májnál pedig 200 mg/ttkg adagtól vált mérhetővé a szervek D-Trp-tartalma. A lép esetében volt legnagyobb a D-Trp részaránya, vesében kisebb adag esetén is megjelent a D-Trp, a felhalmozódás pedig legkevésbé a májat érintette, de nagyobb adagok esetén nem mutatott jelentős eltérést a veséhez képest. A legjelentősebb felhalmozódást a lépben mérték, mert itt nem játszódik le a D-aminosavak átalakítása.

## SUMMARY

**Background:** Because of the difficulty in determining D-tryptophan, the total content of D-tryptophan in the internal organs of the rats was not studied before. A new protein hydrolysis method, free of racemization, allowed us to measure the absorption and accumulation of D-tryptophan in the rat's internal organs.

**Objectives:** After the appropriate analytical method was available, different amounts of D-Trp were fed to rats and tested for its absorption and accumulation in certain (spleen, liver, kidney) organs of the animals.

**Materials and methods:** We applied one-time and continuous D-Trp dosing in 200 and 400, and 100, 200, 350 and 600 mg/bwkg, respectively, where the D-amino acid was mixed into the feeding stuff. After the feeding period (three weeks) was over, samples were taken from the kidney, liver, and spleen, and the total D-Trp content were measured.

**Results and discussion:** Following a one-time D-Trp input, D-Trp cannot be detected in the organs, like in the case of the control animals. The weight gain of the animals was the same as for the control animals, which is supported by the fact, that rats can utilize D-Trp the same effectiveness as the L-enantiomer. For the kidney from the 100, for the liver from the 200 mg/bwkg dosage made the organs' D-Trp content measurable. In case of every treatment the ratio of D-Trp is the highest in the spleen, and by increasing the dosage, the difference between the D-Trp% measured in the spleen and the other two organs is increasing. In case of kidney, D-Trp can be detected for lower doses, for the three highest doses we cannot differentiate between the organs and the doses. The accumulation least affected the liver, because the D-amino acid oxidase system is taking place there. Kidney was a bit more sensitive for the presence of D-Trp, because the studied amino acid can be detected in case of smaller doses. For higher doses kidney did not show a remarkable difference from liver, and the highest accumulation could be found in the spleen, because in this organ there is no special procedure taking place for the removal of D-amino acids.

A természetben az élőlények fehérjei többségében L-aminosavakból épülnek fel. Az analitikai módszerek fejlődése, érzékenységük javulása lehetővé tette az aminosav-enantiomerek széleskörű tanulmányozását, aminek eredményeként elmondható, hogy szinte minden élő szervezet tartalmaz D-aminosavakat, amelyek ismert, vagy még tanulmányozandó funkcióval bírnak. Ennek megfelelően az élőlények rendelkeznek a D-aminosavak anyagcseréjéhez szükséges útvonalakkal.

*Az élőlények fehérjei többségében L-aminosavakból épülnek fel*

*A D-aminosavak a fehérjék minőségromlását okozzák*

Ezek az útvonalak azonban nem feltétlenül vannak felkészülve az élelmi eredetű D-aminosavak fogadására. A modern technológiák, mind a takarmányok, mind az élelmiszerek előállítása során számos olyan lépést tartalmazhatnak, amelyek az aminosavak racemizációjához vezetnek. A D-aminosavak jelenléte a táplálékban a fehérjék emészthetőségének csökkenését, az aminosavak hasznosíthatóságának romlását eredményezik. Így nem lehet számunkra közömbös, főként esszenciális aminosavak esetén, hogy mekkora hányada áll rendelkezésre a szervezet számára a kedvezőbb L-konfigurációban. A táplálék D-aminosav-tartalmának ismerete azért is jelentős lehet, mivel egyes kutatási eredmények azt igazolták, hogy a hosszú időn keresztül történő fogyasztásuk egészségügyi kockázattal jár. Megfigyelték, hogy a táplálékhoz adott D-aminosavak fokozottan választódtak ki a vizelettel, felhalmozódtak a különböző szervekben, egyes esetekben pedig vese- és májkárosodást okoztak.

A triptofán (Trp) az ember és a gazdasági haszonállatok számára esszenciális, és a kukoricában limitáló aminosav is. Így nagy a jelentősége az élelmiszerek és takarmányok Trp-tartalmának, két optikai izomere mennyiségének ismerete. A szakirodalomban azonban nem találtunk ezt célzó, vagy egészségügyi kockázatot tanulmányozandó vizsgálatokat. Ennek oka abban keresendő, hogy nem álltak rendelkezésre a fehérjében kötött Trp-enantioemerek meghatározását célzó analitikai módszerek.

### A TRIPTOFÁN ÉS SZEREPE AZ ÉLŐ SZERVEZETBEN

A Trp egyike a húsz fehérjeépítő aminosavnak. Esszenciális aminosavként az ember és az állatok többsége nem képes előállítani, így a szervezet számára szükséges mennyiséget a táplálék Trp-tartalmú fehérjeinek kell biztosítani. A Trp a fehérjékben a kevésbé gyakori aminosavak közé tartozik, és az ideális fehérjéknek is csak kisebb hányadát képezi. Fehérjealkotó szerepén túl azonban több biológiailag aktív vegyület előanyaga, így Trp-ből keletkezik pl. a szerotonin, a melatonin és a niacin is.

### D-AMINOSAVAK AZ ÉLŐ SZERVEZETEKBEN

A fehérjealkotó aminosavak (a glicin kivételével), így a Trp is, optikailag aktív vegyületek. Az emlősök közül leginkább rágcsálók (egér, patkány, tengerimalac) esetén vizsgálták a D-aminosavak jelenlétét, ill. annak eredetét. BRÜCKNER és SCHIEBER csíramentes és normál patkányok vérérumából és vizeletéből határozták meg a D-aminosavak mennyiségét (1). Megállapították, hogy a csíramentes patkányoktól származó minták is tartalmaznak D-aminosavakat (a szérumban kevesebbet, mint a vizelet), de kisebb mennyiségben, mint a normál patkányok mintái. Ezek alapján elmondható, hogy a patkányokban előforduló D-aminosavak nem kizárólag mikrobiális eredetűek. Forrásai lehetnek továbbá a különböző endogén mechanizmusok, a táplálék, vagy mindkettő. Egyes élőlényekben enzimes szintézissel is képződhetnek D-aminosavak, amelynek bizonyítására WOLOSKER és mtsai patkánygyóból izolálták a szerin racemázt (9).

### A D-AMINOSAVAK ANYAGCSERÉJE

A fehérjék részleges hidrolízise során képződő di- és tripeptidek fel tudnak szívódni a bélcsatornából, az ennél nagyobb peptidek pedig a bélsárral kiürülnek

*A Trp egy esszenciális aminosav és több biológiailag aktív vegyület előanyaga*

**A D-aminosavak anyagcseréjének hatékonysága elmarad az L formákétól**

a szervezetből (5). Az aminosav felszívódása akár több transzportrendszeren keresztül is történhet (2). A sejtmembrán aminosavakat szállító fehérjei sokkal kevésbé specifikusak, mint az az enzimek esetén megszokott, így a D-aminosavak transzportja is megvalósulhat a membránon keresztül. Ennek ellenére az L-aminosavak szállítása jobban preferált, mint a D-aminosavaké (6).

A transzportrendszerek D-aminosavakhoz való affinitása változékony, leghatékonyabbnak a D-Asp és D-Asn felszívódását találták (50% az L-enantiomerhez képest), míg a D-His gyakorlatilag nem szívódott fel a kísérlet során (6, 7). Az előzőekből látszik, hogy az emlősök szervezete rendelkezik a D-aminosavak eltávolításához, átalakításához, hasznosításához szükséges anyagcsere-útvonalakkal, azonban e folyamatok hatékonysága nem minden esetben megfelelő, nincs felkészülve a táplálék eredetű D-aminosavterhelésre, így könnyen túlterhelhető válhat.

Kevés információ áll rendelkezésre a fehérjében kötött D-Trp emésztésre gyakorolt, ill. élettani hatásairól. Ennek oka feltételezhetően a Trp-enantiomerek meghatározása során felmerülő nehézségek. A Trp peptidláncból való felszabadítása jelentős veszteség nélkül nem oldható meg a többi aminosavnál alkalmazott savas hidrolízis körülmények között. Az összes-Trp-tartalom meghatározása esetén alkalmazott lúgos hidrolízisek sem megfelelőek, mivel a lúgos közeg az aminosavak racemizációját felgyorsítja, így az egyes enantiomerek mennyiségi meghatározását lehetetlenné teszi.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### A KÍSÉRLETI ÁLLATOK ÉS TARTÁSUK

**A takarmányhoz adagolt D-Trp hatását vizsgálták patkányokon**

A takarmányhoz adagolt D-Trp hatásának vizsgálatát patkányokon a Somogy Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatósága 23.1/02322/010/2008. ügyiratszám alatt engedélyezte.

Kísérleteinket 60–200 g tömegű, növésben lévő nőtény patkányokkal (Charles River WI) végeztük. A kísérletet megelőző akkumulációs idő 4 nap volt. Az állatokat négyes csoportokban helyeztük el polikarbonát ketrecekben. A kísérlet során az állatok korlátlanul hozzáfértek az ivóvízhez. Alaptakarmányként kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt kaptak.

Kísérleteinkben a D-Trp-t a takarmányhoz kevertük; 2,0 g alaptakarmányhoz az állatok tömegének, valamint a kísérleti csoportnak megfelelő mennyiségű D-Trp-t adagoltunk. Ezt követően a keveréket kevés víz felhasználásával összegyúrtuk. Az állatok az új takarmánykeveréket elfogadták, amit a D-Trp édes íze (4) is elősegíthetett, és kb. 30 perc alatt elfogyasztották.

### EGYSZERI D-TRP-TERHELÉS

**A kísérleti csoportokat egyszeri, ill. folyamatos D-Trp-terhelésnek tették ki**

A kísérletet 170–190 g tömegű állatokkal végeztük. Takarmányukhoz 200, ill. 400 mg /testtömeg kg (mg/ttkg) mennyiségben D-Trp-t kevertünk. Az etetést követően 2, ill. 3 órával az állatokat boncoltuk. Valamennyi kísérletet 3–3 állattal végeztük el.

### FOLYAMATOS D-TRP-TERHELÉS

A kísérletek kezdetén az állatok tömege 60–95 g között alakult, amelyeket csoportonként 7–7 egyeddel 5 csoportba osztottunk. A kontroll mellett a többi csoport állatai a kísérleti takarmányban különböző mennyiségű (100, 200, 350, 600 mg/ttkg/alkalom) D-Trp-kiegészítésben részesültek. Az etetéseket megelőzően az állatok elől 20:00 órakor elzártuk az etetőt (az ivóvízhez továbbra is hozzáfértek), majd a kísérleti takarmányt másnap 7:00 órakor kapták meg. Az etetések időtartamára az állatok egyedileg lettek elhelyezve. Ezt az eljárást min-

*Rendszeresen mérték az állatok testtömegét*

den második napon ismételtük. Két kísérleti etetés között az állatok számára az alaptakarmány és az ivóvíz *ad libitum* elérhető volt. A kontroll állatok esetén a takarmánytól való elzárást ugyanúgy megvalósítottuk, a fennmaradó időszakokban D-Trp-kiegészítés nélküli alaptakarmányt kaptak. A kísérlet időtartama 3 hét volt, így összesen 11 kísérleti etetést végeztünk. A 3 hét alatt 4 naponta mértük az állatok tömegét, majd a kísérleti etetést követő 22. napon az állatokat boncoltuk. Az etetési kísérletek során használt D-Trp-t a Sigma-tól (St. Louis, USA) szereztük be.

### A KÍSÉRLETI ÁLLATOK BONCOLÁSA

Mindkét típusú vizsgálatban az állatokat étellel történő bódítást követően dekapitáltuk és elvéreztettük. A hasüreg megnyitását követően kiemeltük a veséket, a májat és a lépét, valamint az egyszeri D-Trp-adagolás esetén mintát vettünk a béltartalomtól is. Mind a szerveket, mind a béltartalmat az analitikai vizsgálatok megkezdéséig fagyasztva ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) tároltuk.

### A TRP-ENANTIOMEREK MEGHATÁROZÁSA

A mintákban jelenlevő fehérjék peptidkötéseit 3 M-os PTS-oldattal hasítottuk 3-(3-indolil)-propionsav jelenlétében. A hidrolízisek során a fehérje/3-(3-indolil)-propionsav arányt 1:1 értékre állítottuk be, amelyhez meghatároztuk a szervek átlagos nyersfehérje-tartalmát (MSZ EN ISO 5983:2005). Az oxigénmentesített, lezárt hidrolizáló edényeket 24 órán keresztül  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on hőkezeltük. A hidrolízist követően az ampullák tartalmát szűrtük, pH-ját, 6 és 7 közötti értékre állítottuk be. Az így kapott oldatokból MERCK-Hitachi HPLC készülékkel OPA/TATG származékképzést követően, Purospher RP-18e állófázisú oszlopon végeztük el a Trp-enantiomerek meghatározását CsAPó és mtsai módszerének megfelelően (3). Az OPA-t és a TATG-t a Sigma-tól (St. Louis, USA), az analízis során használt szerves oldószereket (metanol, acetonitril), amelyek HPLC gradient grade minőségűek voltak, a MERCK cégtől (Darmstadt, Németország) vásároltuk.

### AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE

Az eredmények értékelése SPSS for Windows 10.0 (SPSS Inc., 1999) statisztikai programcsomaggal történt. Egytényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk az állatok tömegének időbeni változását és a kezelések közötti különbségeket, a patkányok növekedésének mértékét, valamint az egyes szervek D-Trp-tartalmának alakulását. A vizsgált változók átlagértékeit 5%-os konfidenciaszintek mellett Tukey-tesztel hasonlítottuk össze. A D-Trp részarányának alakulását a szervekben különböző dóziszú D-Trp-kiegészítések hatására kéttényezős varianciaanalízis alkalmazásával vizsgáltuk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### EGYSZERI D-TRP-TERHELÉS

Az egyetlen alkalommal adagolt D-Trp szervekben (vese, máj, lép) való megjelenését az alkalmazott dózistól és a mintavétel időpontjától függetlenül egyik esetben sem sikerült kimutatnunk. Mivel a kontroll állatok takarmánya nem tartalmazott D-Trp-t, így az a béltartalomtól sem volt kimutatható. A kisebb dóziszú (200 mg/ttkg) D-Trp-bevitel esetén két óra elteltével még mérhető mennyiségben ( $3,9 \pm 0,58\text{ mg}/100\text{ g}$  minta) volt jelen a D-Trp a béltartalomban, három óra elteltével vett mintákból azonban már nem tudtuk kimutatni. Nagyobb dóziszú (400 mg/ttkg) esetén az adagolást követően kettő és három órával vett mintában is jelen volt a D-Trp ( $9,1 \pm 0,25$ , ill.  $1,7 \pm 0,22\text{ mg}/100\text{ g}$  minta), de a részaránya a két mintavétel között jelentősen, mintegy 60%-kal csökkent.

*A kísérlet végén meghatározták a vese, a lép, ill. a máj Trp-enantiomer-tartalmát*

*Az adatokat statisztikai módszerekkel elemezték*

*Az egyszer adagolt D-Trp nem jelent meg a vizsgált parenchymás szervekben*

## FOLYAMATOS D-TRP TERHELÉS

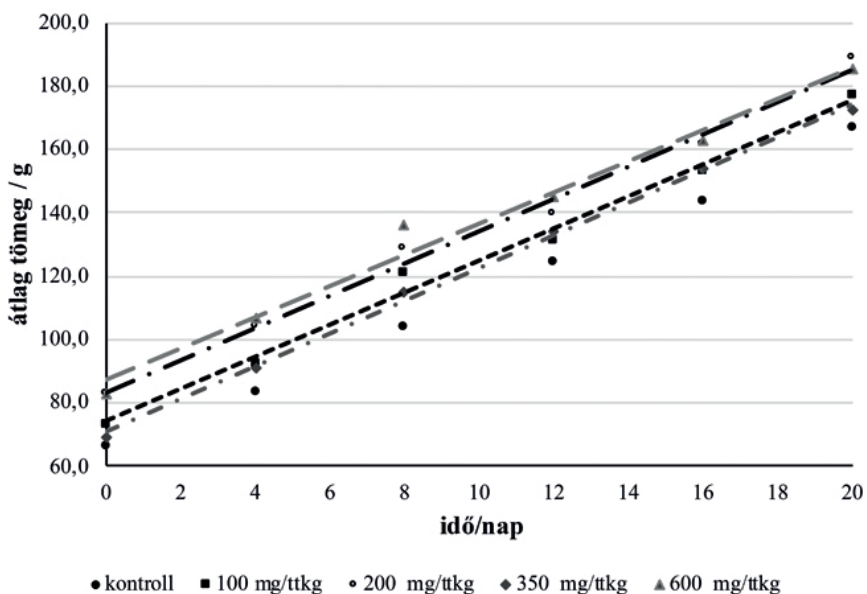
### Az állatok fejlődése

Az állatok testtömegében bekövetkező változások értékelése során megállapítottuk, hogy a növekedésük folyamatos volt (1. ábra), három hét alatt az állatok tömege mintegy 2,0–2,5-szeresére nőtt. A kísérleti csoportok fejlődésének nyomonkövetése érdekében a növekedés ütemét vetettük alá statisztikai elemzésnek. Ehhez valamennyi állatra felvettük a „növekedési görbét”, ami az állatok fiatal korára való tekintettel jó közelítéssel lineárisnak tekinthető. Az állatok növekedésének üteme jól jellemezhető az illesztett egyenesek ( $R^2 > 0,96$ ) meredekségével. Megállapítottuk, hogy a kísérleti csoportok növekedési üteme nem különbözött egymástól, a takarmányok D-Trp-tartalma nem befolyásolta az állatok növekedését.

**A takarmányok D-Trp-tartalma nem befolyásolta az állatok növekedését**

**1. ÁBRA.** Különböző adagú D-Trp-kiegészítést kapott patkányok növekedési görbéi

**FIGURE 1.** Growth curves of rats fed with D-Trp supplement of different doses



### A szervek D-Trp-tartalmának alakulása

Vizsgálatainkhoz első szervként a vesét választottuk, mert a szakirodalom áttekintése során azt találtuk, hogy a D-aminosavak szervezetbe kerülése, ill. takarmánnyal való adagolása elsősorban a vesékben okozhat valamilyen elváltozást. A vizsgálatok eredményeit a *Táblázat* tartalmazza. Az eredményekből látható, hogy már a legkisebb adag rendszeres etetése esetén is kimutathatóvá vált a vesékben a D-Trp jelenléte. A dózisok növelésével a felhalmozódás is fokozatosan nőtt az adott szervben.

Második szervként a választásunk a májra esett, mivel a D-aminosavak átalakítását L-aminosavvá végző D-aminosav-oxidáz rendszer egyik fő működési területe itt található, valamint a D-aminosavak toxikus hatása a vese mellett a májat is jelentősen károsíthatja.

Ezért megvizsgáltuk, milyen mértékben lesz jelen a D-triptofán a májban (Táblázat).

Megállapítottuk, hogy a veséhez viszonyítva nagyobb adag etetése szükséges ahhoz, hogy a D-Trp megjelenjen a májban. Az adagok emelésével nem tapasztaltunk olyan mértékű felhalmozódást, mint a vese esetén, sőt a nagyobb adagok között a különbségeket sem tudtunk igazolni.

Harmadikként a lépet vizsgáltuk, amely nem vesz részt a D-aminosavak emésztésében, átalakításában, lebontásában, szervezetből való eltávolításában.

**Már a legkisebb adag rendszeres etetése esetén is kimutathatóvá vált a vesékben a D-Trp**

**A veséhez viszonyítva nagyobb adag etetése szükséges ahhoz, hogy a D-Trp megjelenjen a májban**

**TÁBLÁZAT.** Patkányok szervei Trp-antiomer-tartalmának alakulása folyamatos D-Trp kiegészítés hatására

**TABLE.** Effect of supplementation for Trp enantiomers content of the rats' organs in the case of continuous D-Trp load

	Vese	Máj	Lép
	<b>Szervek L-Trp-tartalma (mg/100 g minta)</b>		
	66,7 ± 2,51	22,2 ± 1,10	45,8 ± 1,84
	<b>Szervek D-Trp-tartalma (mg/100 g minta)</b>		
<b>Adagok</b>			
<b>Kontroll</b>	< LOQ	< LOQ	< LOQ
<b>100 mg/ttkg</b>	1,6 ± 0,18 <sup>a</sup>	< LOQ	1,7 ± 0,46 <sup>a</sup>
<b>200 mg/ttkg</b>	3,2 ± 0,21 <sup>b</sup>	1,2 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,6 ± 0,57 <sup>b</sup>
<b>350 mg/ttkg</b>	4,0 ± 0,21 <sup>c</sup>	1,3 ± 0,23 <sup>a</sup>	4,4 ± 0,59 <sup>c</sup>
<b>600 mg/ttkg</b>	4,8 ± 0,30 <sup>d</sup>	1,5 ± 0,44 <sup>a</sup>	5,8 ± 0,64 <sup>d</sup>

LOQ: meghatározási határ

Az eltérő indexek egy oszlopon belül szignifikáns eltérést ( $p < 0,05$ ) jeleznek a kezelt csoportok között.  $n = 7$  minden csoportban

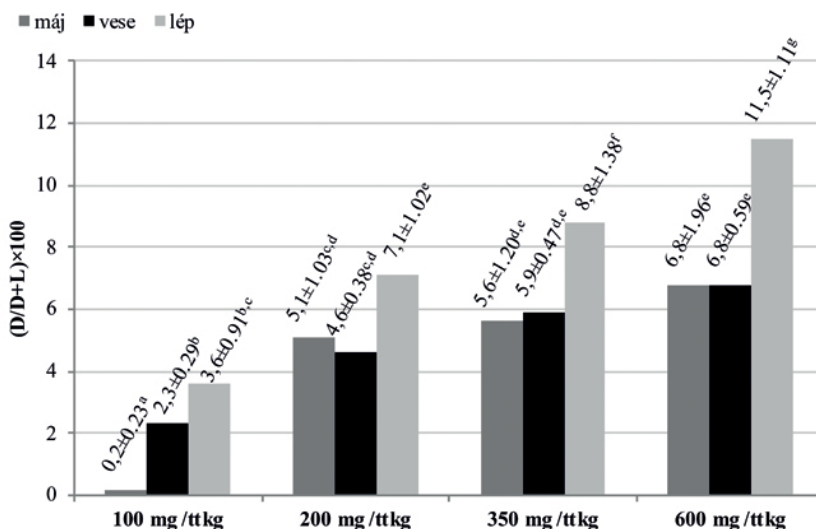
### A lépben történő D-Trp-felhalmozódás a veséhez hasonló

A lépben történő D-Trp-felhalmozódás (Táblázat) nagyon hasonló mintát követ, mint amit a vese esetén tapasztaltunk. Viszonylag kevés (100 mg/ttkg) D-Trp etetése is elegendő ahhoz, hogy a D-aminosav megjelenjen a szervben. Amennyiben ennél nagyobb mennyiség kerül rendszeresen a táplálékba és így a szervezetbe, a felhalmozódás mértéke is fokozódik.

A D-Trp különböző szervekben való feldúsulásának mértékét nem lehet az aminosav abszolút koncentrációi alapján összehasonlítani, mivel a szervek összes Trp-tartalma jelentősen eltér (vese 69,8; máj 23,0; lép 48,6 mg/100 g minta). Ezért erre a célra a D-Trp-résarányokat ( $D \times 100 / (D + L)\%$ ) használtuk fel (2. ábra). Mint korábban megállapítottuk, D-Trp-etetés hatására mindhárom szerv esetén elindult a D-aminosav felhalmozódása, a különbség a felhalmozódás mértékében van.

**2. ÁBRA.** A D-Trp-résarányának alakulása D-Trp-kiegészítés hatására patkányok különböző szerveiben

**FIGURE 2.** The effect of D-Trp supplementation on the ratio of the D-enantiomer in different organs of rat



A kéttényezős varianciaanalízis alapján elmondható, hogy mind a kezelési szinteknek, mind a vizsgált szerveknek, valamint a köztük kölcsönhatásának szignifikáns hatása van a D-Trp résarányának alakulására. A legkisebb mennyiségű D-Trp-kiegészítés hatására a májban kialakult D-Trp-arány a legkisebb, a kontroll mintá-

**Nagyobb adagok esetén a lépben tapasztalták a legjelentősebb D-Trp-feldúsulást**

**Noha a szervekben nem jelent meg, egyszeri adagoláskor a D-Trp egy része felszívódott a béltartalomról**

**Három hét folyamatos D-Trp-terhelés esetén az aminosav felhalmozódik a patkányok szerveiben**

**A legnagyobb mértékű felhalmozódást a lépben figyelték meg, ahol nem zajlik D-Trp-eltávolító folyamat**

kéval azonos mértékű. A kontrollnál nagyobb D-Trp-részarányt a májban 200 mg/ttkg D-Trp-kiegészítés esetén tudtunk csak kimutatni. A májnál tapasztaltakkal szemben a vese és a lép esetén jelentősebb mértékű D-Trp-feldúsulást figyelhetünk meg, de a két szerv azonos mértékben érintett a D-Trp felhalmozódásában. Nagyobb adagok (200, 350, 600 mg/ttkg) alkalmazása esetén mindhárom kezelési szinten a lépben tapasztaltuk a legjelentősebb mértékű D-Trp-feldúsulást, míg a vesében és a májban a D-Trp részaránya megegyezett, és a két legnagyobb dózis esetén egymástól szignifikánsan sem különbözött.

## MEGVITATÁS

### EGYSZERI D-TRP TERHELÉS

A takarmánnyal adagolt, egyszeri, viszonylag nagy mennyiségű D-Trp-terhelés hatására nem jelent meg patkányok szerveiben a D-Trp. A béltartalom-vizsgálatok eredményeiből arra következtettünk, hogy bár a membrántranszport-folyamatok előnyben részesítik az L-aminosavakat, a D-Trp fel tud szívódni a vékonybélből. Kisebb adagok esetén ez a szervezetbe jutástól számított 3 óra alatt teljesen megtörténik, míg nagyobb mennyiségek alkalmazása esetén csak részlegesen a felszívódás.

### FOLYAMATOS D-TRP-TERHELÉS

#### *Az állatok gyarapodása*

Az állatok növekedésének ütemét vizsgálva megállapítottuk, hogy a D-Trp jelenléte, ill. koncentrációja a takarmányban nincs hatással a patkányok testtömeg-gyarapodására. Ezt támasztja alá SHIBATA és mtsainak megfigyelése is, hogy a patkány ugyanolyan mértékben képes hasznosítani a D- és az L-Trp-t (8). A fenti megfigyelések szabad D-Trp-ra vonatkoznak, a fehérjében kötött D-Trp esetében azonban a hasznosulást gátolhatja, ha a fehérjebontó enzimek nem képesek a D- és L-, valamint D- és D-aminosavak közti peptidkötések hasítására, ami így a testtömeg-gyarapodásban is eltéréseket eredményezhet.

#### *A szervek D-Trp-tartalma*

Kísérleteink szerint három hét folyamatos D-Trp-terhelés esetén az aminosav felhalmozódik a patkányok szerveiben. A legkisebb adag (100 mg/ttkg) alkalmazása esetén, a vesével és a léppel ellentétben, a májban nem tapasztaltuk a D-Trp megjelenését, nagyobb dózisok alkalmazása esetén pedig nem volt különbség a májminták D-Trp-tartalmában. Ennek oka feltételezésünk szerint az, hogy a májban működő D-aminosav-oxidáz rendszer jó hatékonysággal alakította át a D-Trp-t L-enantiomerré.

Nagyobb D-Trp-terhelés mellett a vesékben a májjal megegyező mértékű D-Trp-felhalmozódást tapasztaltunk. A szintén kicsi D-Trp-részarányokat magyarázhatja, hogy a vesék jelentik a D-aminosavak eltávolításának másik útját a kiválasztás által. A veséknél az abszolút koncentrációk esetén statisztikailag is igazolható módon folyamatos növekedést tapasztaltunk a D-Trp-tartalomban az alkalmazott adagoknak megfelelően, a D-Trp részarányok növekedése azonban nem volt ennyire egyenletes. Ennek oka a vese jelentős összes-Trp-tartalma, ami mellett a kis koncentrációban megjelenő D-Trp mennyiségének jelentősebb növekedése a részarányokat csak kis mértékben befolyásolja.

A vizsgált szervek közül a legnagyobb mértékű felhalmozódást mind az adagok hatására bekövetkező D-Trp-tartalom, mind a részarányok növekedésének tekintetében a lépben tapasztaltuk. Megfigyelésünket magyarázza, hogy egy olyan szervről van szó, amiben nem játszódik le a D-aminosavak eltávolítását célzó speciális folyamat.

## IRODALOM

1. BRÜCKNER, H. – SCHIEBER, A.: Determination of free D-amino acids in mammalia by chiral gas chromatography-mass spectrometry. *J. High Resol. Chromatogr.*, 2000. 23. 576–582.
2. CHRISTENSEN, H. N.: Role of amino acid transport and counter-transport in nutrition and metabolism. *Physiol. Rev.*, 1990. 70. 43–77.
3. CSAPÓ, J. – VARGA-VISI, É. – LÓKI, K. – ALBERT, Cs.: Analysis of the racemization of tryptophan. *Chromatographia*, 2006. 63. S101–S104.
4. MAEHASHI, K. – MATANO, M. et al.: Riboflavin-binding protein exhibits selective sweet suppression toward protein sweeteners. *Chem. Senses*, 2007. 32. 183–190.
5. MAN, E. H. – BADA, J. L.: Dietary D-amino acids. *Annu. Rev. Nutr.*, 1987. 7. 209–225.
6. OXENDER, D. L.: Stereospecificity of amino acid transport for Ehrlich tumor cells. *J. Biol. Chem.*, 1965. 240. 2976–2982.
7. PAINE, C. M. – HEINZ, E.: The structural specificity of the glycine transport system of Ehrlich carcinoma cells. *J. Biol. Chem.*, 1960. 235. 1080–1085.
8. SHIBATA, K. – SWABE, M. et al.: Efficiency of D-tryptophan as niacin in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2000. 64. 206–209.
9. WOLOSKER, H. – BLACKSHAW, S. – SNYDER, S. H.: Serine racemase: a glial enzyme synthesizing D-serine to regulate glutamate-N-methyl-D-aspartate neurotransmission. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1999. 96. 13409–13414.

Közlésre érkezett: 2019. máj. 29.