

**Dr. Süli Ágnes****Angyalné
Dr. Alexy Márta**

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
MEZŐGAZDASÁGI KAR**

PRECÍZIÓS TAKARMÁNYOZÁS

Jelen tananyag a Szegei Tudományegyetemen készült
az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Tematika

I. A precíziós takarmányozás jelentősége

1. Az élelmiszer-előállítás globális trendjei, az élelmiszertermelés jelenlegi és várható helyzete.
2. Milyen problémákkal, kihívásokkal állunk szembe?
3. Mi az a precíziós takarmányozás és milyen összefüggései vannak a precíziós állattartással?

II. A takarmányok fontosabb nutritív hatású makrotáplálóanyagai

1. N-tartalmú anyagok
2. Lipidek
3. Szénhidrátok

III. A takarmányok táplálóértéke és a táplálóanyagok értékesülése

1. A takarmányok energiaértékelése
2. A fehérjeforgalom jellegzetességei

IV. Modern takarmányozási ismeretek áttekintése

1. Takarmányozásimmunológia
2. Molekuláris takarmányozás
 - 2.1. Nutrigenetika, Nutrigenomika
 - 2.2. Epigenetika, Epigenomika
3. Kitekintés a kutatási eredmények gyakorlati jelentőségébe

V. Precíziós takarmányozás a gyakorlatban

1. Precíziós technológiák alkalmazása a sertés és baromfi fajok takarmányozásában
2. Precíziós technológiák alkalmazása kérődzők takarmányozásában

Témakörök rövid áttekintése

A tananyag első részében ismertetjük a precíziós takarmányozás fogalmát és jelentőségét, valamint a problémakört, amelyre megoldási lehetőségeket kínál a precíziós technológia:

- az élelmiszertermelés és a globális demográfiai folyamatok összefüggései
- az állati eredetű élelmiszerek előállításának feltételei, valamint a természeti környezetre gyakorolt hatásuk
- nincs precíziós takarmányozás precíziós állattartás nélkül

A tantárgy második témakörében a takarmányok fontosabb nutritív makrotáplálóanyagait tekinti át, amely hozzásegíti az olvasót ahhoz, hogy:

- áttekintse a különböző kémiai karakterű táplálóanyag csoportokat
- megismerje azok takarmányozási jelentőségét
- tisztázza szerepüket a rendkívül bonyolult, összetett és egymásra épülő anyagcsere-folyamatokban

A tantárgy harmadik témaköre a klasszikus takarmányozási ismeretek segítségével mutatja be a kérődző és monogasztrikus fajok takarmányainak táplálóértékét és azok értékesülését:

- mit jelent az energetikai érték és mi a jelentősége a takarmányokra vonatkoztatva
- milyen főbb jellegzetességei vannak a fehérjeforgalomnak, amelyek befolyásolják a hatékony termelést

A tantárgy negyedik témaköre a klasszikus takarmányozási ismereteket egészíti ki a legfrissebb takarmányozási kutatások eredményeivel:

- milyen összefüggés van a takarmányozás és az immunológia között?
- hogyan kapcsolódhat össze a takarmányozás és a molekuláris genetika?
- hogyan jelennek meg a mindennapi életünkben a kutatási eredmények?

A tantárgy ötödik témaköre a precíziós takarmányozási megoldások technológiai megoldásait mutatja be:

- precíziós takarmányozási kutatások és azok gyakorlati felhasználása a sertés és a baromfi fajok esetében
- precíziós takarmányozási kutatások és azok gyakorlati felhasználása a kérődző fajok vonatkozásában

IV. Modern takarmányozási ismeretek áttekintése



1. Takarmányozásimmunológia

2. Molekuláris takarmányozás

2.1. Nutrigenomika

2.2. Epigenomika

3. Kitekintés a nutrigenomika eredményeinek gyakorlati jelentőségébe

1. Takarmányozásimmunológia

A táplálóanyagok hatása a gazdasági haszonállatok immunrendszer működésére rendkívül összetett. A különböző szabványokban, takarmány-alapanyagokra-, adalékokra és más kiegészítőkre vonatkozó ajánlásokban meghatározott és javasolt táplálóanyag mennyiségek és arányok alapvetően egy „ideális” környezeti körülmények között történő termelésre vonatkoznak. **Ugyanakkor a haszonállatok jelenlegi termelési színvonala és az ezt kiszolgáló intenzív, nagyüzemi körülmény nem „természetszerű” vagy nem feltétlen „ideális” az állat szempontjából.** A termelés intenzitása mellett a különböző külső környezeti hatások, így a patogén mikroorganizmusok okozta megbetegedések is, jelentősen megnövelhetik a szükségleti értékeket adott táplálóanyagok iránt.

A nem az aktuális szükségletnek megfelelő makro- (szénhidrát, zsír, fehérje) vagy mikro- (vitaminok, egyes ásványi anyagok, mikroelemek, esszenciális aminosavak) **táplálóanyag ellátottság gátolhatja az immunválasz kialakulását** és megnyilvánulását, amely előbb vagy utóbb **termelésbeli változást fog előidézni.** Az aktuális szükségletet a jelenlegi intenzív termelési körülmények között nem csak az általánosan meghatározott takarmányozási irányelvek által összeállított táplálóanyag-összetételt jelenti, hanem a külső környezet, különböző stressz faktorok által a szükségletet megnövelő hatásával korrigált értéket is.

Az aktuális termelést a genetikai képességek és a takarmánnyal felvett táplálóanyagok, valamint az állatot ért környezeti hatások együttesen alakítják ki (Babinszky és Halas, 2019).

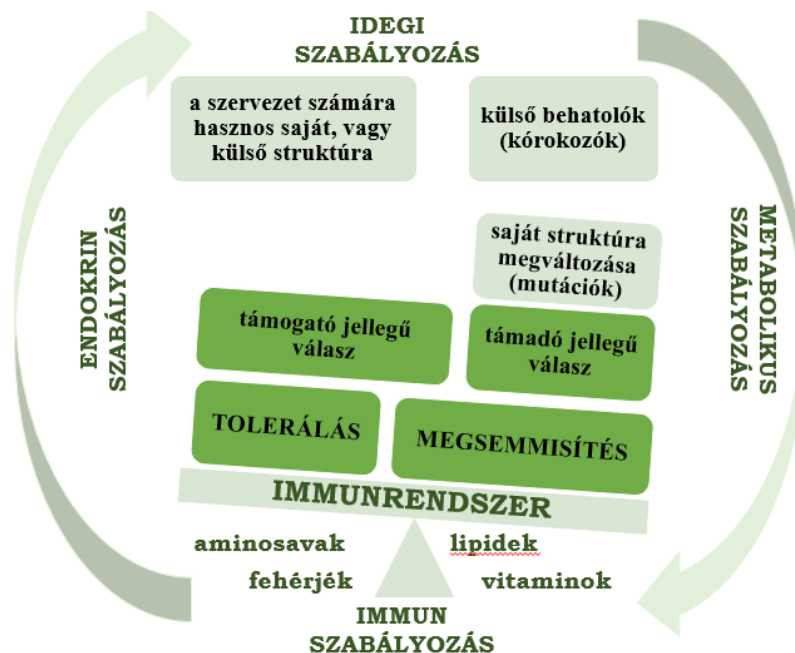
Az, hogy az állati szervezet milyen mértékben és hatékonysággal tudja a takarmányt értékesíteni és nagy biológiai értékű termékké (hús, tej, tojás) átalakítani, függ (Adams, 2001):

- az önkéntes takarmányfelvételtől
- a táplálóanyagok emészthetőségétől és a felszívódás mértékétől
- a szervezet egészségi állapotától
- a szervezet növekedési ütemétől

ugyanakkor a táplálóanyagok értékesülését ezen kívül még befolyásolja

- a környezeti stressz
 - kórokozók
 - vakcinák
 - toxinok
 - hő-, és hidegstressz
 - szociális stressz
 - a takarmány antinutritív anyagai
- **metabolikus stressz**
 - oxidáció
 - immunstimulánsok
 - immunszupresszorok
 - mérgező köztes anyagcsere termékek

A tápláló hatást támogató és rontó tényezők együttesen határozzák meg a takarmány aktuális táplálóértékét azáltal, hogy befolyásolják az állatok étvágyát és a takarmányfelvételt, a táplálóanyagok emészthetőségét, abszorpcióját és metabolizmusát (Halas és Babinszky, 2014).



1. ábra: Az immunszabályozás komplex rendszere

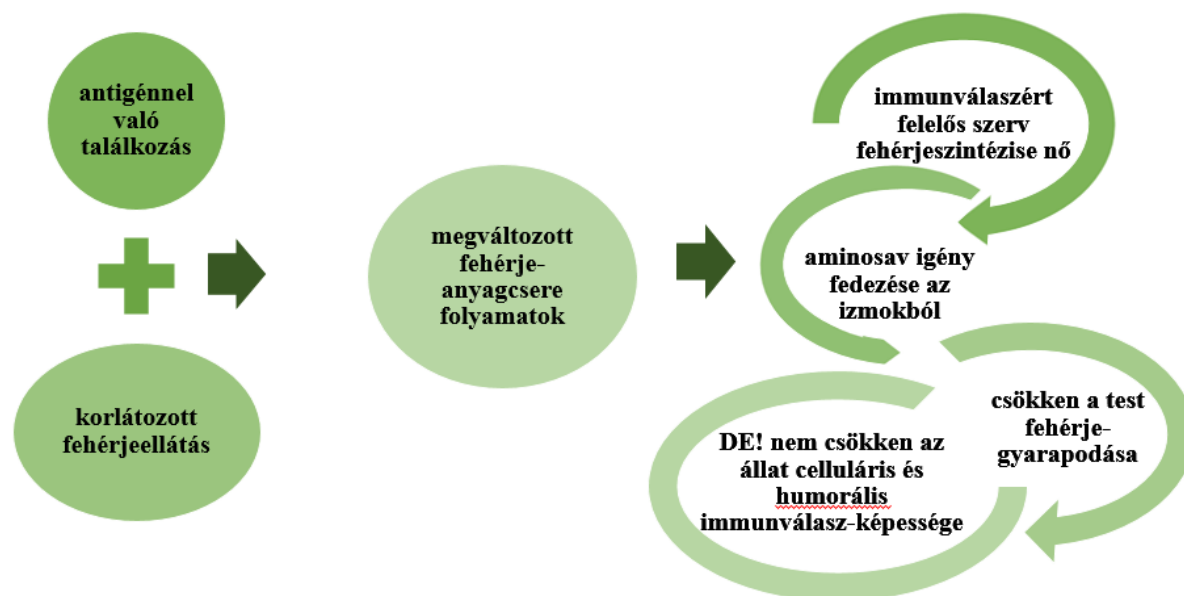
Az **immunrendszer** a szervezet egészére kiterjedő, sejtes és molekuláris elemekből felépülő, több szinten szervezett, **komplex hálózat** (1. ábra). **Legfőbb funkciója az egyedi állandóság és integritás folyamatos fenntartása**, a külső behatolók (kórokozók) és a saját struktúra megváltozása (mutációk) ellen történő védekezéssel. Funkciója kettős a **támadó** és a **toleráló** immunválasz egyensúlyának kialakításával, amely több szinten kapcsolódik a szervezet többi szabályozó rendszeréhez, így a **metabolikus**, az **endokrin** és az **idegi szabályozás**hoz, kölcsönösen befolyásolva egymás működését (Babinszky és Halas szerk., 2019).

Az immunrendszer felépítésében és működésében (is) a takarmányból származó fehérjék, aminosavak, lipidek, vitaminok vesznek részt. Az idevonatkozó kutatási eredmények felhívják a figyelmet arra, hogy a **nagyüzemi körülmények között termelő gazdasági haszonállatok** ellenálló képességének fenntartásához, már nem feltétlen elegendő az ajánlásokban megfogalmazott – a létfenntartás és termékképzést kiszolgáló – táplálóanyag-igény. Mindezek mellett az **immunrendszer védekezőképessége** az anyagcsere-folyamatok változásával **fokozott energiafelhasználással** jár (de **MENNYIVEL TÖBB?**)



Fehérje-, és aminosav ellátás

A gazdasági haszonállatok **fehérjeellátása** nem csak a növekedés és a termékképzés miatt **fontos**, hanem **a szervezet immunrendszerének működése szempontjából is**. A termékképzés fehérjeszükségletéhez képest az immunfunkciók arányaiban kevesebb mennyiségű fehérjét igényelnek, **DE!** a környezet vagy a takarmányozás ezt az „**alapállapotot**” nagymértékben módosíthatja.



2. ábra: Egy lehetséges élettani állapot
(Crenshaw et al., 1986, Kelles és Easter, 1987 nyomán)

A **fehérjeigény** az antigénnel való találkozás során az úgynevezett akut fázis fehérjeszintézise miatt **nő** meg (2. ábra). Ha az antigénnel való találkozáskor **nincs elegendő mennyiségű** az immunrendszer számára (is) felhasználható **fehérje**, úgy **a szervezet fehérje-anyagcsere megváltozik**. Mivel az immunválaszért felelős szervek (bursa, máj) megnövekedett fehérjeszintéziséhez a szükséges aminosav-igényt a szervezet nem tudja biztosítani **a külső forrásból**, így a legnagyobb tartalékból, az izmokból fogja azt elvonni. Ennek következményeként **egy immunológiailag aktivált állapotban levő állat, korlátozott fehérjeellátás mellett, a test fehérjegyáradása ellenében fogja fenntartani a celluláris és humorális immunválasz-képességét** (Crenshaw et al., 1986; Kelley. 1987). Ugyanakkor a gyulladásos folyamatokban és más védekező mechanizmusokban felhasznált fehérjék aminosav-összetétele nagymértékben különbözik a testfehérje aminosav-összetételétől (Reeds et al., 2000; Borbolla et al., 2000), ezért nem a fehérjeellátás általában, hanem az egyes aminosavak mennyisége befolyásolja az immunrendszer válaszreakcióit (Halas et al., 2006).

A kéntartalmú aminosavak (metionin, cisztin) az állati és emberi szervezet számára is esszenciálisak. A **testfehérjék szintézise** során a takarmányból származó **metionin részben helyettesíthető kolinnal és ciszteinnel** (Tsiagbe et al., 1987), **DE!** az **immunrendszer működésében szerepet játszó limfociták fehérjéjének felépítéséhez kizárólag a metionin használható** (Cook, 1990). Metionin, mint immunmodulátor

A **treonin** a kukorica-szója összetételű takarmányok esetében az egyik leggyakoribb limitáló aminosav (a lizin mellett). A treonin nem csak a testfehérjék, hanem az immunrendszerben szerepet játszó fehérjék **γ-globulin egyik fő komponense**, amely nagy mennyiségben van jelen a szervezetben IgG formában. Ez azt jelenti, hogy a növekedés treonin szükségletén túl az ellenanyagképzés (IgG) treoninszükségletét is figyelembe kell venni (Lawrence és Hahn, 2001). Az **arginin** szerepe **immunmodulátor**ként jelentős és immunstimuláló hatását többen tanulmányozták (Kwak et al., 2001; Tayade et al., 2005) Az eltérő növekedési ütemű genotípusok – eltérő argininszükséglettel – valószínűleg az immunfolyamatok arginin szükségletében is eltérést mutatnak.

A **glutamin** és **glutaminsav** esetében összetett a szerepkör, bár nem esszenciális aminosav, a szervezet több immunfolyamatában is részt vesz (Babinszky és Halas szerk., 2019):

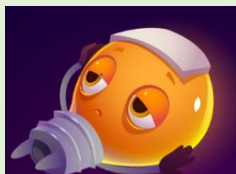
- **energiaforrás a limfociták és a vastabél-enterociták differenciálódása során**
- **szabad gyökök számának csökkentése,**
- **mukóza struktúra fenntartása**
- **bél mucinszintézisben (baktériumok elleni immunológiai és fizikai védekezés)**
- **bél megfelelő morfológiai és funkcionális működés fenntartása**
- **csökkenti a bélhámsejtek atrofiáját, így javul az állatok takarmányértékesítő-képessége**
- **megfelelő ellátás esetén csökkenthető az állatok teljesítményromlása a választás vagy a takarmányváltás kritikus időszakában**
- **fokozható az állatok egyéni védekezőképessége**

Energiaellátás

Az immunfolyamatok pontos energiaszükségletének meghatározása szinte lehetetlen.

A testhőmérséklet 1°C-kal való növekedése 10-15%-kal növeli az alapanyagcsere energiafelhasználását (humán vizsgálat)
(Lochmiller és Deerenberg, 2000)

citokin: jelzőmolekula



Egy immunológiailag aktív állapotban levő állat megnövekedett energiafelhasználása nem csak az immunfehérjék és mediátorok fokozott szintézisének energiaigényéből származik, hanem az immunválaszban részt vevő egyes elemek (pl. gyulladásos citokinek) maguk is megnövelik az alapanyagcserét (Babinszky és Halas szerk., 2019).

Immunválasz mértékét és energiaszükségletét befolyásoló tényezők:

(Lochmiller és Deerenberg, 2000)

- az antigén típusa
- az antigénre adott válaszreakció erőssége
- a gazdaszervezet egyedi érzékenysége
- ivar
- kor
- tápláltsági állapot
- környezet tényezők (hőmérséklet)

Az immunfehérjék képződése rendkívül energiaigényes folyamat, és ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű táplálóanyag, úgy a szervezet testfehérje bontásából fogja fedezni a védelmi funkciók fenntartását (lsd. 2. ábra). Az immunválasz során a **megnövekedett energiaigényt jelezheti**, többek között

- a testhőmérséklet emelkedése
- a tömeggyarapodás csökkenése, még ha a takarmányfelvételben nem is következett be számottevő visszaesés (lsd. 2. ábra)

Az immunválasz lecsendesedését követően a szervezetben a megemelkedett energiaigény továbbra is fennállhat, hiszen a katabolizálódott fehérjék újbóli felépítéséhez is többlet energiára van szükség. Optimális esetben az állatok **energiaigénye** a takarmány **szénhidrát** és a **zsír** komponensei biztosítják, ebből következően az immunfolyamatokban is meghatározó jelentőségűek.

A keményítő gazdag takarmányok immunszuppresszív állapotban hatékonyabban biztosítják a szervezet számára a stressz okozta lemaradás kompenzálására.

Az energiaigényes folyamatok elsődleges „üzemanyaga” a glükóz.



Az immunrendszer fokozott energiaigényét jelzi, hogy a glükoneogenesis egy gyenge infekció esetében is legalább 50-100%-kal megnő (Lochmiller és Deerenberg, 2000). A takarmány energiatartalmának keményítővel történő dúsítása segít a glükoneogenesis mértékének csökkentésében, így aktív immunállapotban a keményítóből származó nagyobb glükózellátás segíti a szervezet válaszkészségét (van Heugten et al., 1996). A **nem keményítőszerű szénhidrátok** (NSP) jelentősége – a melléktermékek megnövekedett használatával – megnőtt az utóbbi években. Az NSP mennyisége és minősége **a bélnyálkahártya struktúrájának**, valamint **a bélben élő mikroflóra összetételének befolyásolásával** az immunstátust is meghatározhatja (Lim et al., 1997, Bao és Cocht, 2010). Az NSP-anyagok bakteriális fermentációja során keletkező illózsírsavak közvetlenül is támogatják a szervezet immunvédelmét (Babinszky és Halas szerk., 2019).

A zsírok immunmodulátor szerepében az ω -3 zsírsavak kiemelendők (**linolénsav, eikozapentaénsav, dokozahexaénsav**) általánosságban gyulladáscsökkentős hatásúak, míg az ω -6 zsírsavak (**linolsav, arachidonsav, dokozapentaénsav**) a gyulladást elősegítik. Ellentmondásnak tűnhet, de mind a két hatásmechanizmusnak (gyulladáscsökkentős, gyulladást elősegítő) megvan a maga létjogosultsága. Egy esetleg trauma vagy infekció esetén a gyulladás kialakulásával a lokalizáció legalább olyan fontos, mint a gyulladás csökkentése.

A két zsírsavcsoportba tartozó egyes zsírsavak (ω -3 vs. ω -6) azonban egymás ellen hatnak, azaz az ω -3 zsírsavak gátolják az ω -6 zsírsavak metabolizmusát (Yaqoob et al., 1995), így egy nem megfelelő zsírsav arány mellett a gyulladás, mint elváltozást lokalizáló tünet, gátlás alá kerülhet.



Az immunrendszer megfelelő működéséhez a szervezet speciális táplálóanyagokat igényel, amelyek a takarmányból, saját szövetek bontásából vagy endogén szintézisből származnak. Az eddigi kutatások eredményei alapján kijelenthető, hogy **a takarmányreceptúrák és/vagy takarmányadagok összeállítása során a komponensek és az egyes táplálóanyagok mennyiségének és/vagy minőségének szabályozásával javítható az állatok ellenálló képessége, még a jelenlegi nagyüzemi, intenzív körülmények között is** (Babinszky és Halas szerk., 20019).

Ellenőrző kérdések:

Hogyan tudjuk befolyásolni az immunrendszert a takarmányozással?

Mi a fehérjék szerepe az immunrendszer működésében?

Mi a zsírok szerepe az immunrendszer működésében?

Önálló feladat:

Milyen további megoldás(okat) javasolna a gazdasági haszonállatok immunrendszerének zavartalan működése érdekében?

Referenciák:

- Adams, C.A. (2001): Total Nutrition. Feeding animals for health and growth. Nottingham: University Press.
- Babinszky, L. – Halas, V. szerk. (2019): Innovatív takarmányozás. Akadémia Kiadó. Budapest.
- Bao, Y. M. - Choct, M. (2010): Dietary NSP nutrition and intestinal immune system for broiler chickens. World's Poultry Science Journal. 3: 511–518
- Borbolla, A. G. - Sanchez, B. - Dela Cruz, A. - Villar, G. - Mendoza, R. - Marscal, G. - Hernandez, J.C. (2000): Early supplementation of L-glutamine improves performance and the integrity of the intestinal mucosa in the early-weaned pig. Proceedings of International Pig Veterinary Society Congress. 16: 247
- Cook, M. E. (1990): Methionine and the immune response of the domestic fowl. Proceedings of Degussa Technological Symposium. Indianapolis IN, USA. May 15. 8.
- Crenshaw, T. D. – Cook, M. E. - Odle, J. - Martin, R.E. (1986): Effect of nutritional status, age at weaning and room temperature on growth and systemic immune response of weanling pigs. Journal of Animal Science. 63: 1845–1853
- Halas, V. - Kovács, M. - Babinszky, L. (2006): A táplálóanyag-ellátás immunmoduláló hatása sertésben: irodalmi feldolgozás. Magyar Állatorvosok Lapja. 128: 533–543
- Halas, V. (2017): Precíziós állattartás és takarmányozás. Állattenyésztés és Takarmányozás. 66: 1. 24-43
- Kelley, K. – Easter, R. (1987): Nutritional factors can influence immune response of swine. Feedstuffs. 1:14–17
- Kwak, H. - Austic, R.E. - Dietert, R.R. (2001): Arginine-genotype interactions and immune status. Nutrition Research. 21: 1035–1044
- Lawrence, B. - Hahn, J. (2001): Feeding swine without antibiotics requires broad approach. Feedstuffs. October 22. 12–15
- Lim, B. O. - Yamada, K. - Nonaka, M. - Kuramoto, Y. - Hung, P. – Sugano, M. (1997): Dietary fibers modulate indices of intestinal immune functions in rats. Journal of Nutrition. 127: 663–667
- Lochmiller, R. L. - Deerenberg, C. (2000): Trade-offs in evolutionary immunology: Just what is the cost of immunity? Oikos Journal. 88: 87–98
- Reeds, P. J. - Burrin, D.G. - Stoll, B. - Jahoor, F. (2000): Intestinal glutamate metabolism. Journal of Nutrition. 130: 978–982
- Tayade, C. - Jaiswal, T.N. - Mishra, S.C. - Koti, M. (2005): L-Arginine stimulates immune response in chickens immunized with intermediate plus strain of infectious bursal disease vaccine. Vaccine, Jan 2006. JVAC 5611 S0264-410X (05) 00876-5 10. 1016/j.vaccine
- Tsiagbe, V. K. - Cook, M.E. - Harper, A.E. - Sunde, M.L. (1987): Enhanced immune responses in broiler chicks fed methionine-supplemented diets. Poultry Science. 66: 1147–1154
- Van Heugten, E.M. – Coffey, M.T. – Spears, J.W. (1996): Effects of immune challenge, dietary energy density and source of energy on performance and immunity in weanling pigs. Journal of Animal Science. 74: 2431–2440
- Yaqoob, P. - Newsholme, E.A. - Calder, P.C. (1995): The effect of fatty acids on leucocyte subsets and proliferation in rat whole blood. Nutrition Research. 2: 279–287