



HUNGARIAN UNIVERSITY OF
AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES



20th International Symposium on Animal Nutrition

Innovation in Animal Nutrition and Food Production

PROCEEDINGS

Edited by Veronika Halas & Róbert Tóthi

MATE Press

Gödöllő, 2022



**20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON ANIMAL NUTRITION**

29 September, 2022 Kaposvár, Hungary

PROCEEDINGS



20. NEMZETKÖZI TAKARMÁNYOZÁSI SZIMPÓZIUM

2022. szeptember 29. Kaposvár

TANULMÁNYOK

INNOVATIONS IN ANIMAL NUTRITION AND FOOD PRODUCTION

20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL NUTRITION

29 September, 2022 Kaposvár, Hungary

PROCEEDINGS



**INNOVÁCIÓK A TAKARMÁNYOZÁS ÉS AZ ÉLELMISZER-ELŐÁLLÍTÁS
GYAKORLATÁBAN**

20. NEMZETKÖZI TAKARMÁNYOZÁSI SZIMPÓZIUM

2022. szeptember 29. Kaposvár

TANULMÁNYOK

Edited by | Szerkesztette

Veronika HALAS

Róbert TÓTHI

MATE Press

Gödöllő, 2022

Edited by | Szerkesztette

Veronika HALAS

MATE Institute of Physiology and Nutrition | MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet

Róbert TÓTHI

MATE Institute of Physiology and Nutrition | MATE Élettani és Takarmányozástani Intézet

© Authors/Szerzők, 2022

© Editors/Szerkesztők, 2022

© Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Institute of Physiology and Nutrition | Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élettani és
Takarmányozástani Intézet, 2022

*This is an open access book under the terms and conditions of the
Creative Commons attribution ([CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) license 4.0.*



Published by | Kiadja

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences | Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Under the supervision of Prof. Dr. Csaba Gyuricza

DOI: 10.54597/mate.0057

ISBN 978-963-623-031-9 (pdf)

CONTENT | TARTALOM

Preface | Előszó

Plenary Session | Plenáris előadások

Innovation in swine nutrition research: past, present and future | Innováció a sertéstakarmányozási kutatásban: múlt, jelen, jövő [Eng]

Babinszky, L.....11

Reducing dependency on antimicrobials naturally, for profitability and sustainability in modern broiler production | Az antimikrobiális anyagoktól való függőség csökkentése természetes összetevőkkel a brojlercsirke-előállítás jövedelmezősége és fenntarthatósága érdekében [Eng]

Awati, A.....34

Insights into calf feeding for optimal future productivity | A borjútakarmányozás kulcskérdései a jövőbeli termelékenység optimalizálása érdekében [Eng]

Berge, A. C.40

A tejelő tehenek takarmányozásának új aspektusai, innovatív takarmányvizsgálati megoldások | New aspects of feeding high producing dairy cows, innovate feed analysis [Hun]

Tóth, T., Bázár, Gy., Tóthi, R., Fébel, H., Gado, H.....47

Innovációk az élelmiszer-feldolgozásban | Innovation in food production [Hun]

Friedrich, L., Baranyai, L., Jónás, G., Kenesei, Gy., Surányi, J. Nguyen, D. Q.68

Poster Session | Poszterszekció

The effect of a fermented herbal feed supplement on the digestion of horses | Egy fermentált gyógynövényes takarmánykiegészítő lovak emésztésére gyakorolt hatásának vizsgálata [Eng]

Bartos, Á., Such, N., Gál, F. V.83

Nutrition of Hungarian police dogs | Hazai szolgálati kutyák takarmányozása [Eng]

Dina, Zs., Kormos, L., Fazekas, N.89

Evaluating chemical composition of pig faeces based on different diets using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) A bélsár kémiai összetételének vizsgálata különböző sertés takarmányok alapján közeli infravörös reflexiós spektroszkópiával [Eng] Malgwi, I., Patel, N., Giannuzzi, D., Toscano, A., Gado, H., Bázár, Gy., Gallo, L., Schiavon, S.	94
Különböző genotípusú tojótyúktojásminőségének vizsgálata kifutós tartásmódban Assesement of egg quality in different genotype laying hens reared in barn with open yard [Hun] Miklós, A., Takács, G., Budai, Z. Búza, Gy., Zsédely E.....	101
Repcealapú bendővédett zsírkiegészítés hatása holstein-fríz tehének tejzsír zsírsav-összetételére Effect of rumen protected fat supplementation based on rape-seed on the fatty acid composition of milk fat of Holstein-friesian dairy cows [Hun] Süli, Á., Gémes-Matusek, K., Tóth, V., Mikó, E.	106
Pecsenyekacsák hizási teljesítménye korai metioninkiegészítés esetén Performance of broiler ducks effected by early methionine supplementation [Hun] Szeli, N., Ács, V., Áprily, Sz., Nagy, J., Tossenberger, J., Kacsala L., Vipler-Szénási, A., Tischler, A., Halas, V.	111
A talpfekély kialakulása és a takarmányozás közötti kapcsolat The relationship between feed and development of foot pad dermatitis (FPD) [Hun] Tóth, M., Pap, T., Kiss, B., Kovács-Weber, M., Erdélyi, M.	117
Potential effect of dietary fumonisins on the colonization of lactobacilli in the gut and fecal microbiota of weaned pigs A takarmány fumonizintartalmának hatása a laktobacillusok bélcsatornában való megtelepedésére és a választott malacok bélsárának mikrobiom-összetételére [Eng] Zeebone, Y. Y., Libisch, B., Olasz, F., Bóta, B., Kovács, M., Halas, V.	122

Dear Reader,

The Department of Farm Animal Nutrition at the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences has this year organised an international symposium on animal nutrition for the twentieth time. The Symposium has initiated 30 years ago by Prof. Laszlo Babinszky, as being the head of the Department of Animal Nutrition at the legal predecessor, with the aim that Hungarian specialists should be able to familiarise themselves with the latest research results from home and abroad so that they might be able to apply them in their everyday practical work. It was also important to host a forum where specialists from Hungary and other countries – researchers, lecturers and specialists from practice – can gather regularly and exchange their opinions and experience in the various fields of animal nutrition science.

It is our pleasure to welcome representatives from the Hungarian animal nutrition sector and speakers also from Belgium and United Kingdom this year. Presentations at the International Symposium on Animal Nutrition focus on Innovation in farm animal nutrition and food production. The keynote speakers introduced some present and foreseen trends in innovation activity and strategies developing in practice to consider how animal feeding and nutrition can contribute to the solution of this challenge.

Besides the plenary presentations, further presentations were also given, and in this proceedings, all papers presented in the Symposium are published. I would like to express my thanks to all the speakers for their high-level presentations and papers.

Our professional objectives can obviously be achieved only if our ideas receive financial support. Therefore, I would like to take this opportunity to thank the University and all organisations and companies who are supporting this year's symposium for their assistance.

I would also like to express my special thanks to the staff of the Department of Farm Animal Nutrition for their unstinting work.

In the publishing of these proceedings I trust that they will be of use to the reader, both in scientific work and practical field.

Kaposvár, September 2022

Veronika Halas, PhD
Head of Department of Farm Animal Nutrition

Plenary Session



Plenáris előadások

INNOVATION IN SWINE NUTRITION RESEARCH: PAST, PRESENT AND FUTURE

László Babinszky

University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Department of Animal Nutrition and Physiology, Hungary

ABSTRACT

The development of a scientific area is greatly influenced by the level and efficiency of the related innovation activity. The purpose of this paper is to present some important innovative activities in swine nutrition from the past and present that contributed to the production of better quality pork. A further aim is to summarize briefly the innovation activities which can be expected in pig nutrition in the future. In the present paper, the following main topics are discussed: challenges of 21st century animal nutrition; evolution of the innovation in pig nutrition; innovation activities in energy- and protein (amino acid) metabolism studies, in the fight against heat stress and in the determination of the molecular structure. Further discussed topics are animal nutrition and immunology, application of molecular nutrition findings in pig feeding, animal nutrition and gut microbiology, and pig nutrition based on genetic profile. The paper also predicts the possible innovation activities in the future. It was concluded that future innovation activity in pig nutrition research is carrying out in three directions: a) Research related to feed (new feed ingredients and feedstuffs); b) Development of new animal experimental and laboratory methods together with associated sciences; c) Development of new (biological, technical) concepts and principles.

1. Introduction

The Oslo Manual (2018) defines the term “innovation” as follows: “An innovation is a new or improved product or process (or combination thereof) that differs significantly from the unit’s previous products or processes and that has been made available to potential users (product) or brought into use by the unit (process).” In case of firm and research site the strength and quality of the innovation activity is influenced by several factors. These factors can be divided in two main groups:

Macro environmental factors (e.g. political and legislative environment, financing system, education system, innovation policy, national innovation system)

Micro environmental factors:

- a) Outside the company (research site): proximity to a (other) research site,
- b) existence of skilled workforce, the infrastructure conditions, and regional innovation systems, local financial resources, competitive environment.
- c) Within the company (research site): existence of the innovation management, organizational knowledge, furthermore, existence of the willingness to take risks, and organizational culture.

From the above, it can be seen that innovation is a multifactorial activity, i.e. many conditions must coexist at the same time in order for a company and/or a research site to be able to carry out real innovation.

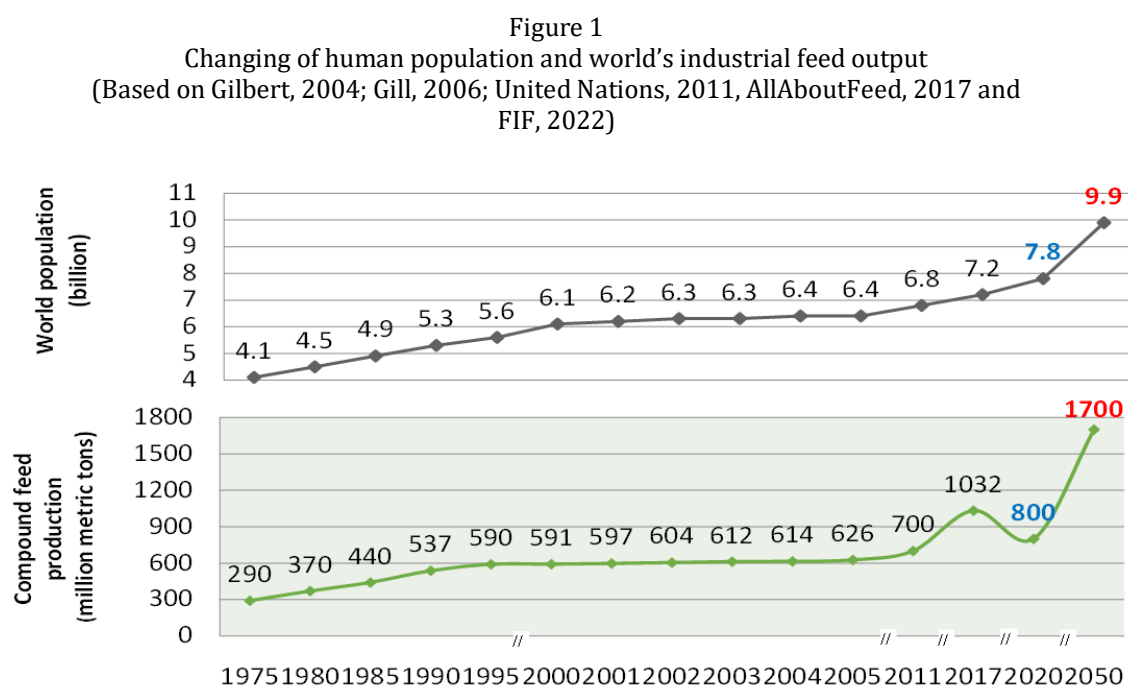
Since the production of animal origin foodstuffs in the proper amount and quality is a key issue worldwide, innovation, i.e. the introduction of new measuring and analytical methods and procedures as well as principles and concepts, plays an increasingly important role in animal nutrition research as well.

The purpose of this paper is to present some innovative activities in the field of swine nutrition from the past and present that have contributed to the production of better quality pork. A further aim is to summarize briefly the innovation activities which can be expected in pig nutrition in the future.

2. Challenges of 21st century animal nutrition

It is well known that the quality of food of animal origin is greatly determined by the nutrition of animals. However, it should also be noted that the quality of the animal product (e.g. meat) can be not only improved but also worsened by feeding. Therefore, providing the animals with the appropriate nutrient supply and the quality of the compound feeds is a key issue in terms of the quality of the product.

Feeds in pig production systems can make up 60-80% of the costs of production and unutilised dietary components are a major contributor to environmental pollution. This means that feeding has a great impact not only on the economy of pig production, but also on our environment. In Figure 1 the changing of human population and world's industrial feed output is summarized.



The figure shows that the amount of compound feed produced by the feed industry increases almost parallel to the growth of the human population.

In 2021, nearly 800 million tons of compound feed for farm animals was produced world-wide. This data warns that this huge amount of feed can have a major impact on the quality of animal origin foodstuffs globally.

It is also clear from Figure 1 that, by 2050, the human population of the Earth will reach 9.9 billion and, at that time, about 1700 million tons of compound feed will be produced.

Therefore, animal nutrition faces the following important tasks in the 21st century (Babinszky and Halas, 2009; Babinszky et al., 2019a):

More active participation in animal production to supply safe food in sufficient quantities, in accordance with the requirements of society.

Further improvement of the efficiency of animal nutrition (biological efficiency, technological efficiency and economic efficiency),

Wider use of various by-products, as well as further reduction of human edible ingredients in animal nutrition,

Rethinking of the interrelation between animal nutrition, animal husbandry and environmental protection. The latter entails that good quality and safe food of animal origin should be produced using technologies which contribute to the increased sustainability of the system, i.e. environmentally-friendly nutrition systems which lead to a reduction in nitrogen and phosphorus output.

In order for the animal agricultural sector to be able to provide proper quantities of safe food materials to the food industry, there is an increasing need for better cooperation between animal nutrition and associate sciences (including medical science) on the basis of professional logic, as well as cooperation in R&DI programs and education. In addition to medical science, nutrition biologists, genetic experts and other professionals dealing with nourishment will have important roles in the future. The food production chain approach and collaboration between various scientific disciplines should be instilled in current education programmes to develop young professionals, in order to produce high quality foods and improve human health.

In fact, these and similar collaborations create the foundations for high-quality innovation activity in animal nutrition.

3. The evolution of the innovation in pig nutrition (from simple measurement methods to precision animal nutrition concept)

The direction of innovation in the animal nutrition research in the past, present and future can be seen in Figure 2.

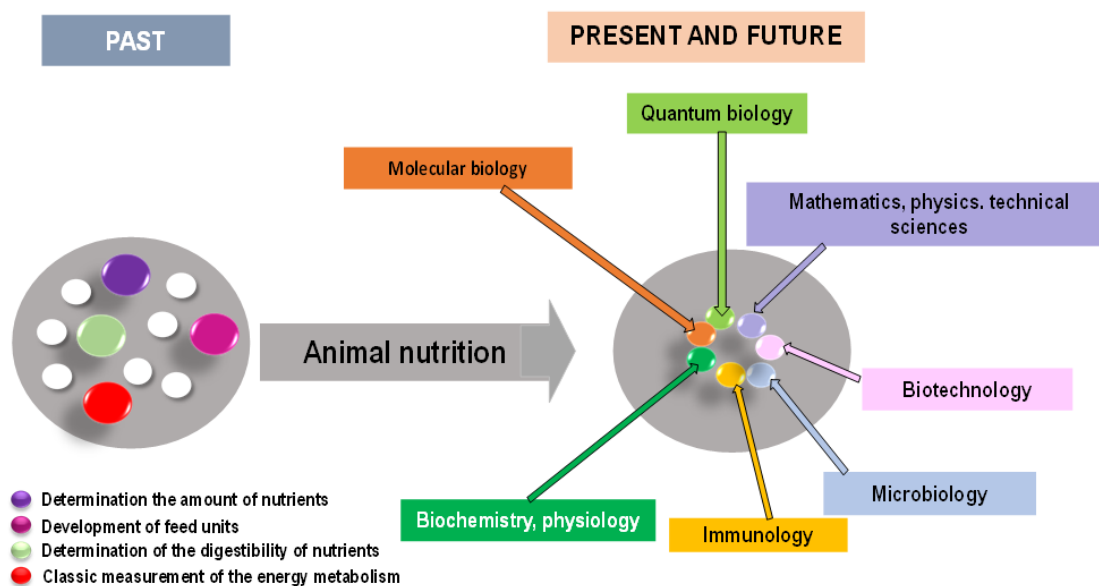


Figure 2
The direction of innovative activity in animal nutrition

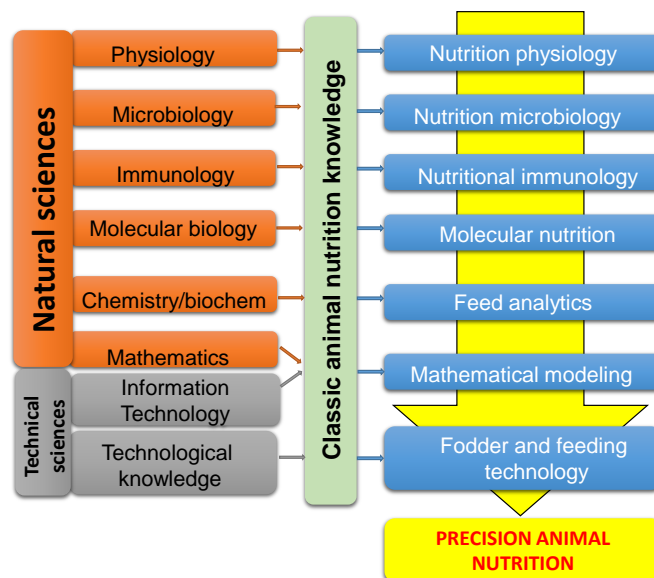
The beginning of the 18th century can be dated as the time when animal feeding based on scientific knowledge began. The characteristic of this time was that the development of various measurement and laboratory tests was carried out still within the scope of animal nutrition (see left side of the Figure 2).

However, the direction of innovation activity later changed. Animal nutrition research has adopted new results and test methods from “outside” of the associated sciences (see right side of the Figure 2). In the mid-1970s, joint methodological, chemical analytical and product developments began with various fields of natural science, computer science, and veterinary science or medicine. These joint works meant much more than a simple cooperation. At that point, real innovation activity was taking place already. During this time, the first-generation growth promoters for practical pig feeding were developed and the application of the computer for diet formulation, based on linear programming, began. Diets formulated by linear programming are based on an assumption of linearity between animal production and the nutrient ingredients included in the diet. The diet formulation model seeks the optimum combination of available feed ingredients that will satisfy the nutritional requirements of the animal at the least cost possible.

Later, joint developments and innovation activities with related sciences reached a very high level. This high level of cooperation resulted in the development of the precision animal nutrition concept at the end of the 1990s.

Precision animal nutrition, as can be seen in Figure 3, applies the research findings of traditional (“classical”) animal nutrition and of the new areas of natural and technical science, using large databanks with the help of computer technology.

Figure 3
Scientific background of precision animal nutrition (Babinszky et al., 2019a)



Precision animal nutrition consists of meeting the nutrient requirements of animals as accurately as possible in the interest of a safe, high-quality and efficient production, besides ensuring the lowest possible load on the environment (Nääs, 2001). For optimum efficiency of nutrient use, it is important to feed pigs the right quantity of nutrients in an ideal ratio.

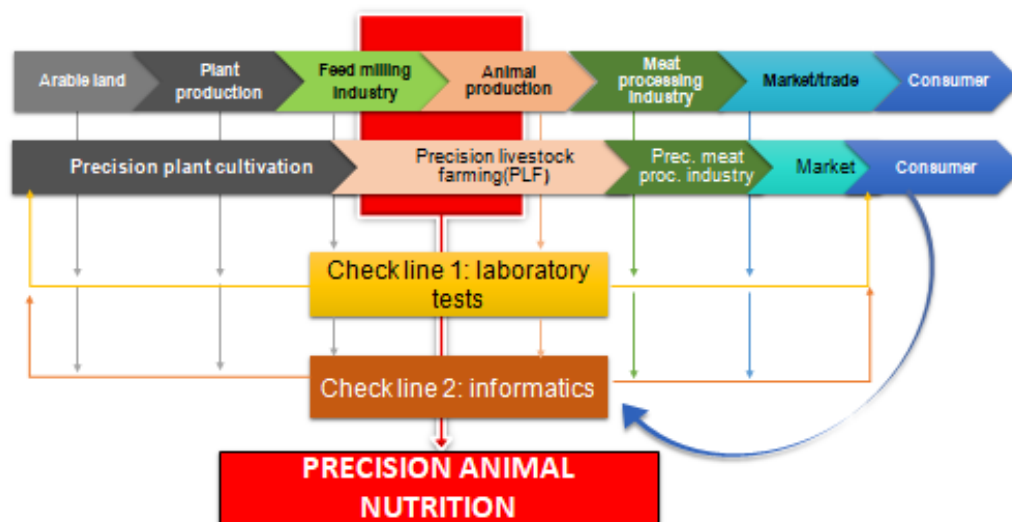
Precision animal nutrition is also called “information intensive nutrition”. In other words, it uses the latest scientific findings in feed formulation in order to meet with the maximum accuracy the unique nutrient requirements of a given herd kept under given conditions. This is facilitated by electronic feeding; an important but by far not the only tool of precision animal nutrition.

American and Australian examples prove that, in the near future, precision animal nutrition will be of key importance equally in producing pork economically and in high quality, and in innovation activities.

Precision animal nutrition is an integral part of precision livestock farming (PLF), and therefore also of the precision food production chain. A schematic representation of the precision food production chain can be seen in Figure 4.

Figure 4

The relationship between the precision food production chain and precision animal nutrition (Babinszky et al., 2019a)



As can be seen in Figure 4, the food production chain includes precision plant (crop) production, precision livestock farming (PLF) and precision meat industry. This means that the entire traceable production chain starts on arable land and ends at the consumer. It should also be emphasized that every step of the production chain must be controlled by laboratory tests and an informatics network.

It is already clear today that the significance of these product paths will further increase in the future, mainly because of society's demand for healthy, high quality, safe and traceable foods. For this reason, it can be safely stated that launching and implementing integrated research and innovation programs involving the whole product path will have much greater significance in the future.

4. Some examples of innovations in pig nutrition (past and present)

4.1. Energy metabolism studies

Innovation has always played an important role in the development of energy metabolism studies. It is no different today, either.

One of the most important goals of energy metabolism studies is to determine the energy balance, as well as the net energy requirements of farm animals and the net energy content of feed components and compound diet.

The animal body uses the dietary gross energy content for maintenance and production, after loss of energy via feces, urine, gas and heat production. These studies are performed in respiration chambers (Es and Boekholt, 1987; Verstegen et al., 1987).

The first respiration apparatus was built by M. H. Kühn in Möckern, (Germany), in 1879. Although this and subsequent respiration chambers were very rudimentary from a technical point of view, they still provided very important data on the energy metabolism of livestock. Naturally, today's devices already have very advanced technology. Their operation is computer-controlled and fully automated. In these so-called indirect calorimeters, the heat production of the animals can be indirectly measured based on the animals' oxygen consumption and carbon dioxide production during the same time (Verstegen et al., 1987, McDonald et al., 2011). The measuring of heat production is often supplemented with nitrogen and energy and carbon balance studies (Pond et al., 2005). Based on these measurements, in addition to heat production, the amount of daily protein and fat deposition and degradation can be calculated. Having this data, it is possible to decide which of the different compound feeds can be used with the highest efficiency.

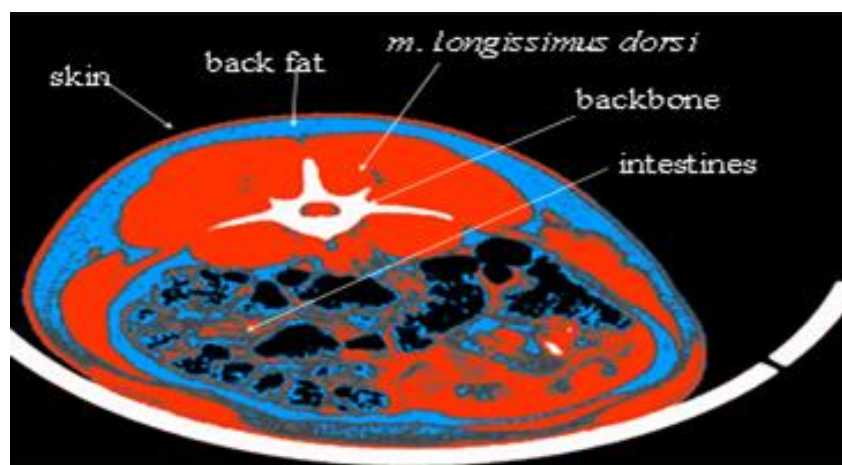
The feeding efficiency of a given compound diet can also be determined using another method. This method is called the comparative slaughter technique or total body analysis. In this case, at the start and at the end of a trial, representative animals of each treatment are slaughtered and analyzed for protein and fat, and sometimes for energy. From protein and fat data, energy content of the body can also be derived by calculation. Accurate results are only obtained when the time interval between start and finish is long and thus the weight change is large enough (Verstegen et al., 1987). The advantage of this method is that it is not as expensive as the respiration study, and the disadvantage is that it provides less information on energy metabolism and, due to slaughter, one animal can only be tested once. This means that the protein and fat deposition process cannot be continuously studied in the same animal during its life. Thus, the data of the comparative slaughter technique provides data for livestock (for treatment group) and not for individuals.

The use of a non-invasive technique (computer tomography: CT) in pig feeding research was a major breakthrough (Szabó et al., 1999, Szabó et al., 2001). A software has been developed that can be used to determine the protein and fat content of a live animal's body from cross-sectional images taken by CT (Figure 5).

Thanks to this innovation, CT is now used in many nutrition trials and feeding tests. The application of this technique is greatly facilitated by the increasing number of mobile CT devices.

In the late 1990s and early 2000s, the development of the physiologically available energy concept was also another important innovation activity. In short, physiologically available energy corresponds to the production of the universal energy source at cellular level (adenosine triphosphate: ATP). ATP captures chemical energy obtained from the breakdown of feed molecules and releases it to fuel other cellular processes. Thus, this concept already determines the energy content of each feed at the cellular level. This new feed energy evaluation system will be able to more accurately approximate the true energy requirements of farm animals, as this system is based on the ATP requirement of animal cells and the ATP production capacity of nutrients.

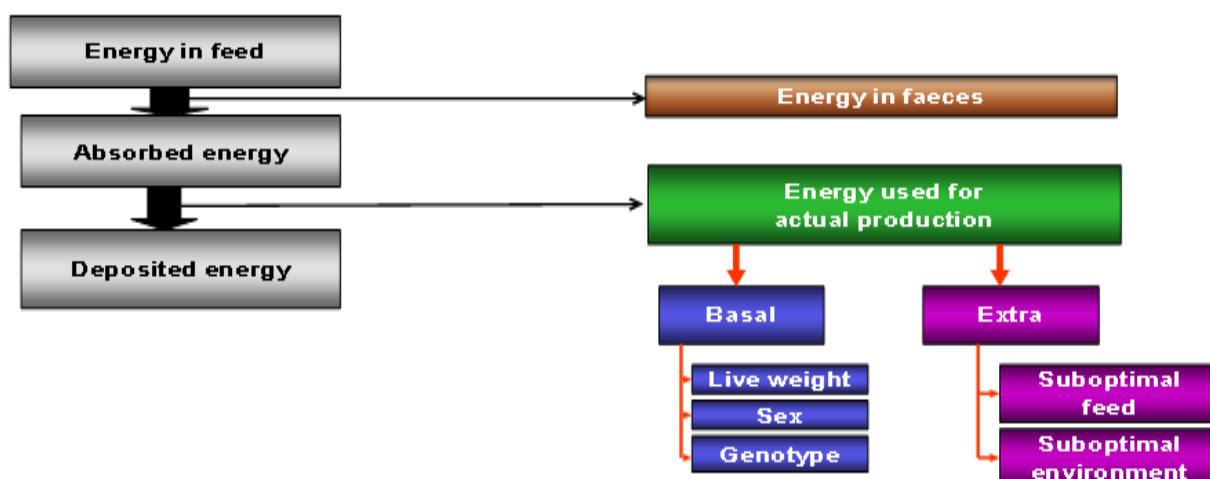
Figure 5
Cross-sectional computer tomography image of a pig (Szabó, 2001)



The principle of this new energy system is shown in Figure 6 (Boisen, and Verstegen 2000).

The figure shows that, unlike the scheme of the classic energy transformation process (from gross energy to net energy) this new system further specifies the energy used for actual production. The energy for actual production is separated into two components. The basal component is determined by live weight, sex and genotype. To the other component (extra energy requirement) belongs the suboptimal feed composition (e.g. low protein quality or too high protein level which increases heat production), or suboptimal environment (e.g., too high or too low air temperature, high stocking density). This figure also indicates whether the feed or the environment is not optimal. As the animal must compensate for these negative factors, consequently, the animal's energy requirements increase. However, it should be noted that this new feed evaluation system is not yet fully developed (Boisen and Verstegen, 2000). Nonetheless, it is very likely that, in the near future, the energy requirements of animals will be specified in physiologically available energy.

Figure 6
Physiologically available energy (Boisen, and Verstegen 2000)



4.2. Protein (amino acid) metabolism studies

In the past fifty years, the evaluation of dietary protein has also changed a lot, thanks to the innovation activity carried out in this area. Already in the early 1900s, feed specialists attempted to compare different protein sources. At that time, it was already agreed that the digestible protein content of the feed is a better basis for comparison than the total or so called crude protein (N content x 6.25) content.

First of all, the term digestibility had to be defined. It was generally agreed that digestibility of a nutrient (e.g. protein) is the proportion of the total ingested that has been absorbed. This means that these so-called traditional digestibility trials were based on fecal collection.

However, at that time, there was no agreement yet on many questions of the measurement method (e.g. the length of adaptation and collection period in the trial, the sex and age of the test animals, etc.). Finally, the Dutch researcher Dammers (1964) clarified all these questions in a scientific report. This report was published first in The Netherlands, and later worldwide, and this became the internationally accepted protocol for digestibility study with growing and fattening pigs. For many decades, digestibility studies with pigs were carried out based on Dammers' protocol.

However, since the 1980s, there has been increased criticism of the method based on fecal collection. The findings of digestion-physiology research works proved that the intestinal flora in the colon simultaneously synthesizes and metabolizes protein. This is the reason why the fecal digestibility of dietary protein will in some cases underestimate, and in others overestimates the actual value. As a result of this and other criticisms, in the early 1980s, the methodology for measuring the so-called ileal protein (amino) digestibility began to be developed. The name of the method implies that amino acid absorption is measured in the last section of the small intestine, in ileum, where the main site of amino acid absorption is located. This means that the measurement method requires surgical intervention, as a cannula must be implanted in the last section of the ileum (Photo 1).

Photo 1
Cannulated growing pig just after surgery



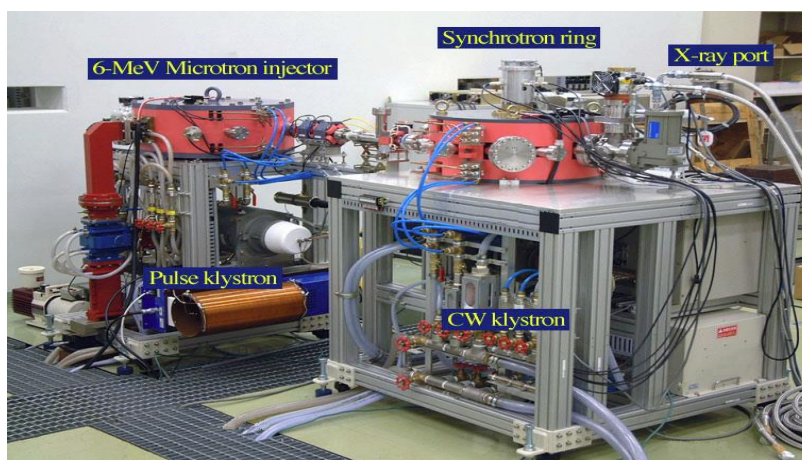
Digesta can be collected through the cannula. Over the years, several types of cannula and cannulation techniques were developed. The collection of digesta (intestinal contents) depends on the type of cannula used (Babinszky 2008). Currently, worldwide, both the amino acid requirement of pigs and the amino acid content of feed ingredients are expressed in term of ileal digestible amino acid.

However, as in the case of determination of the energy requirements, more precise data would be needed for amino acid requirements as well. In addition, several criticisms have been made against the ileal digestible amino acid concept. Some of these are: for use of this method, surgical preparation of animals is needed; the method is relatively expensive; staff with special knowledge is required; and the collection of digesta is very labor-intensive. Finally, in case of the use of the ileal amino acid concept, it is still not clear how much of the amino acid absorbed from the small intestine is actually available for protein synthesis. Therefore, increasingly, attention is being paid to the concept of the so-called available amino acid. Amino acid availability is the portion of the total amount of amino acids in the feed that is potentially available for protein synthesis in the animal body. Currently, the following three methods can be used to determine the available amino acid requirements of pigs: method based on the free amino acid content of the blood plasma, method based on free amino acid content of muscle, and method of so called growth test. Currently, the accuracy and repeatability of these methods are not yet adequate. This is the reason why some people try to estimate the available amino acid content of the feed ingredients by calculation based on the digestible amino acid content of the diet. However, this is also neither a real and accurate solution to this problem. Therefore, a high-accuracy in vivo method is still required to be developed. This need provides a nice challenge for innovation.

4.3. Determination of the molecular structure (synchrotron technique)

The laboratory methods currently used in animal nutrition, including proximate analysis (Weende method), are suitable for the quantitative determination of nutrients only and not for the determination of their molecule structure. Unlike these traditional “wet” analytical methods which during processing for analysis often result in destruction or alteration of the intrinsic protein structures, advanced synchrotron radiation-based Fourier transform infrared micro spectroscopy has been developed as a rapid and nondestructive and bioanalytical technique (Yu et al., 2019). The synchrotron is an extremely powerful source of X-rays. The X-rays are produced by high energy electrons as they circulate around the synchrotron. The structure of synchrotron equipment operating in Japan is shown in Photo 2.

Photo 2
Synchrotron (Photon Production Laboratory Ltd, Japan)



This cutting-edge synchrotron-based bioanalytical technology, taking advantages of synchrotron light brightness (million times brighter than sun), is capable of exploring the molecular chemistry or structure of a biological tissue without destruction inherent structures at ultra-special resolutions (Yu et al., 2019).

In the near future, it will become clear that this innovative product of the 21st century what extent will be used in animal and human nutrition research.

4.4. Innovation in the fight against heat stress

Climate change affects all economic sectors, but perhaps one of the most endangered sectors is agriculture, including animal husbandry. One of the most obvious manifestations of climate change is global warming.

It is well known that high ambient temperatures negatively affect the production of all domestic animals, but perhaps the pig and poultry industries are affected the most (Babinszky et al., 2019b). In the case of high ambient temperatures, very often the animals cannot release the produced heat to their environment, resulting in heat shock.

There are several ways to protect against heat shock in animal agriculture. A solution for prevention of heat stress in animals includes biological (e.g. genetics, thermal conditioning, and nutrition) or keeping technology devices (e.g. air conditioning, intensive ventilation, and humidification).

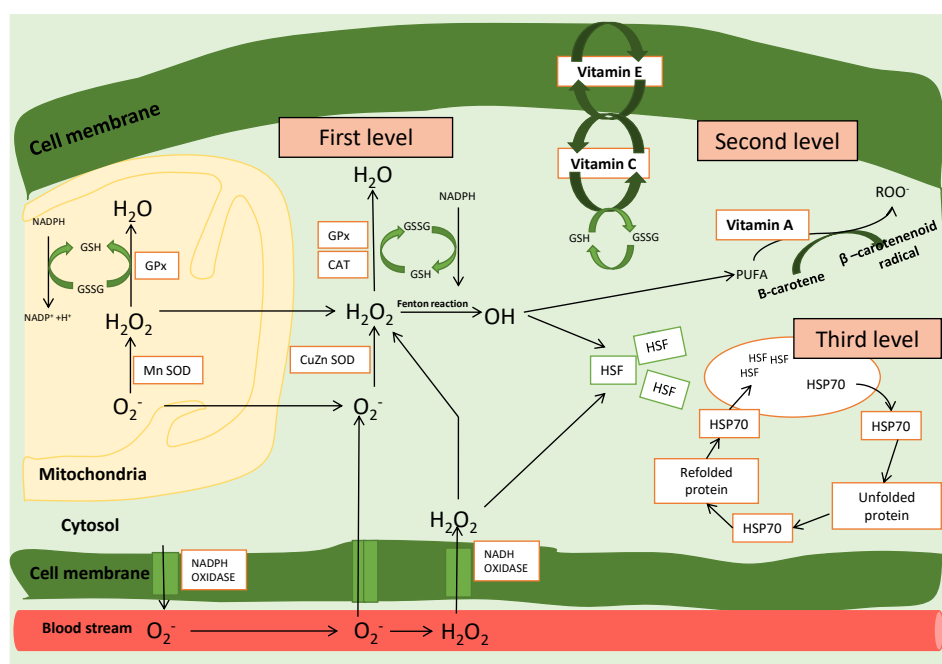
However, housing methods are expensive and the service costs are high and, in many cases, not always adequate. Therefore, reducing the biochemical and physiological negative effects of heat stress with different nutritional tools is one of the primary interests for the economical production of food produced from animals (Daghir, 2009; Horváth 2021).

Increased environmental temperature and heat shock caused increased lipid peroxidation (as well as induced formation of malondialdehyde (MDA), which is an indicator

for lipid peroxidation). Therefore, the antioxidant defence system is altered. According to the latest research, the elimination of the free radicals activates three level antioxidant systems. The application of this scientific finding started a very important innovation activity in pig nutrition. In fact, learning about this three-level antioxidant system gave a huge impetus to those research (and innovation) aimed at reducing the harmful effects of heat stress via nutrition tools.

A schematic representation of the three-level antioxidant system is shown in Figure 7.

Figure7
The three level antioxidant system (Babinszky et al., 2022)



CAT = catalase; Cu SOD = copper superoxide dismutase; GPx = glutathione peroxidase; GR = glutathione reductase; GSH = glutathione; GSSG = glutathione disulphide; H_2O = water; H_2O_2 = hydrogen peroxide; HSF = heat shock factors; HSP70 = heat shock protein 70; Mn SOD = manganese superoxide dismutase; NADH = nicotinamide-adenine-dinucleotide; $NADP^+$ = oxidized nicotinamide-adenine-dinucleotide-phosphate, NADPH = nicotinamide-adenine-dinucleotide-phosphate, O_2^- = superoxide anion radical; OH = hydroxyl radical; PUFA = polyunsaturated fatty acids; $ROO\cdot$ = peroxy radical.

Elimination of free radicals is done by the first level of the antioxidant system which functions at the same time as the detoxification and regeneration pathways of the second level. The third level starts working after damage has been done, to repair and eliminate damaged cells.

This first level (direct enzymatic pathway) includes the neutralization of the oxygen and nitrogen centred free radicals by enzymes. The second level includes the detoxification and regeneration reactions of the small molecule antioxidants. The third level is activated when damaged systems (proteins, DNA) have to be repaired and/or removed from the cells by chaperones and DNA-repair enzymes (Baker et al., 1988; Noctor and Foyer, 1998, Babinszky et al., 2019b).

Without going into detail, it can be stated that with nutrition tools, the second antioxidant defence level can be influenced in the easiest way. This means that in cases of high ambient temperature, vitamin C, E and A, and selenium and zinc content must be increased in diets (Renaudeau et al., 2012; Liu et al., 2016).

Summarizing the relevant scientific findings on pigs, it can be stated that in the case of high ambient temperatures, the following nutrition methods can be used to avoid the deterioration of animal production (Noblet et al., 2001; Schrama et al., 2003; Babinszky et al., 2011, 2019b, 2022):

- using more antioxidant vitamins (vitamin A, C, E, etc.) and micro minerals (e.g., zinc, selenium) in the diets to support the antioxidant system of the animals,
- supplementing diets with monovalent ions (Na- and K-bicarbonate, K-hydrocarbonate, K-sulfate) to alleviate the reduction of water retention in the animal's body,
- feed a more concentrated diet to (partly) counteract low feed intake,
- feeding higher fat content diets to reduce heat production of animals,
- feeding low protein diets with crystalline amino acids according to the ideal protein concept,
- adding dietary betaine.

Betaine (trimethylglycine) is an intermediate metabolite in the catabolism of choline, which can modify osmolarity, acts as a methyl donor, and has potential lipotropic effects (Metzler-Zebeli et al., 2008). Schrama et al. (2003) showed that under thermoneutral conditions, dietary betaine supplementation (1.23 g/kg) reduced the total heat production of pigs.

5. Possible innovation activity in the future

For the sake of better overview, the possible innovation activities in animal nutrition are divided into two groups: the next 5-10 years and subsequent decades.

5.1. Innovation activity in the near future (the next 5-10 years)

It is typical for these research areas that innovation activity will increase very rapidly in the near future. These areas are as follows (Babinszky and Halas, 2009; Babinszky et al., 2019a):

Studies pertaining to the properties of animal feeds

This research area includes e.g. new energy and protein feeds, interactions between the various nutrients, alternatives to growth promoting antibiotics, reducing mycotoxin contamination, issues of GMO feeds.

It is very likely that in the case of protein sources of vegetable origin, further intensive research is expected in order to reduce or eliminate the harmful impact of anti-nutritive factors by means of crop breeding and/or various feed technology or management procedures. By employing these technological processes, the biological efficiency of animal nutrition and the production of high quality feed ingredients could be improved (Huisman and Tolman, 2010).

Since quite a few feed ingredients (e.g. corn, wheat, barley, oats and soy) also play an important role in human nutrition, it is in our fundamental interest to substitute them in compound feed by alternative components.

Novel protein sources (e.g. insects, algae, microalgae, seaweed, and duckweed) are expected to enter the European feed and food market as partial replacement for conventional protein sources or due to their potential beneficial effects above and beyond the nutrient content they contain. However, it should be emphasized that food safety aspects of these new protein sources are not well-known. More systematic and thorough studies are needed to determine not only the digestible/available amino acid profile of these novel protein sources, but also any adverse effects on animal and human health (e.g. possible viral infections), or any other detrimental effect on the consumer (Babinszky et al., 2019a).

Application of molecular nutrition findings in pig feeding

Molecular nutrition is a relatively new area of animal and human nutrition, developed on the basis of genomics, linking it to nutrition science. In the past 20 years, the introduction of powerful new molecular techniques has made it possible to advance knowledge in animal and human biology. In most disciplines, a reductionist approach is used, but in nutrition, an integrationist approach is needed to deal with the complexity of the subject.

Molecular nutrition investigates the roles of nutrients at the molecular level, such as signal transduction, gene expression and covalent modifications of proteins. The micronutrients at the cellular level modulate the milieu in which biochemical and genetic metabolisms operate, and thus they can influence gene expression. Nutrient transport mechanisms and intracellular trafficking, apoptosis, intracellular signaling mechanisms and the role of nutrients, nutrient interactions with gene expression, and epigenetic regulation of gene expression by nutrient dependent reactions are all included in molecular nutrition (Zhang, 2003).

Many professional forecasts predict that the results of molecular nutrition will revolutionize not only human, but also animal (such as pig) nutrition. (Babinszky and Halas, 2009; Babinszky et al., 2019a).

Animal nutrition and immunology

Starting from the early 1980s, how nutrients (e.g. amino-acids, fatty acids, minerals, vitamins, etc.) and additives mixed into animal feed are capable of affecting the resistance, as well as cellular and humoral immune response of farm animals, has been a rather intensively researched area of animal nutrition. The findings of related research show that a slight decrease in protein supply compared to the recommended value does not compromise the immune system, but the partial shortage of certain amino acids results in a significant reduction of the defensive ability of the organism.

Various research results also show that increased intake of some amino acids (methionine, threonine, arginine, glutamine or glutamic acid) compared to the nutrient requirement of maintenance and growth may result in better immunity (Defa et al., 1999; Kidd et al., 2001, O'Quinn et al., 2002; Pierzynowsky et al., 2001; Lawrence and Hahn, 2001). Therefore, among essential amino acids the recommended methionine, threonine, arginine supply will certainly be revised in the near future.

However, it must be noted that giving supra-physiological levels of certain nutrients (e.g. fatty acids) may result in immune suppression even before there is deterioration in performance.

It should also be emphasized that even though animal nutrition immunology is an intensively researched field, there are still many gaps in our knowledge on how to determine the amount of nutrients needed for an effective immunity of the animals when diet formulation is made (NRC, 2012). In addition to gaining knowledge of the role of nutrients, the development of so-called “new type” growth promoters also belongs to this research/development field, as these products result in improved performance primarily through enhancing the immunity of the organism. Some new generation growth promoters, such as mannan-oligosaccharides, β -glucan, some herb extracts, and egg yolk antibodies operate by manipulating the immunity of the animal.

It can be summarized that nutritional immunology will play a much more decisive role in the innovation of animal nutrition in the near future.

Animal nutrition and gut microbiology and gut health

This area involves the microbiological processes in the gastro intestinal tract (GIT) and the impact of nutrition on these processes as well as on the productivity of animals.

Based on the latest scientific findings, it is increasingly clear that alterations in pig and poultry GIT microbiota composition have a pivotal role in the development of metabolic disorder (Stanley et al., 2014; Turnbaugh et al., 2006; Tolnai et al., 2021). The diversity of the microbiota is one of the key determinants in resistance to invading pathogens. Higher microbial community diversity is related to a healthier host status, whereas a significant loss in complexity is associated with various diseases and susceptibility to pathogen colonization. Shifts of the GIT microbiota toward beneficial bacteria could improve the health conditions of the host.

These scientific results also draw attention to the fact that, in order to achieve effective nutrient supply, much more attention should be paid to the change in the composition of the microbiome.

The main question is that the altering in the composition of GIT microbiome what kind of changes does induce in the animal's metabolic processes and health status. Further question is how we can favorably influence the composition of the microbiome by nutrition tools, e.g. with feed additives.

The research findings so far are rather promising, but many questions still need to be clarified with the help of innovation activity.

Nutrigenomics and swine nutrition based on genetic profile

Nutrigenomics is a field of science focusing on the interaction between nutrition and genomics, combining the methods of nutrition science (animal nutrition science) and the so-called functional genomics. The aim of this area of science is to examine how bioactive ingredients or regular nutrients in foods or feeds affect gene expression and function. In essence, it encompasses the application of gene technologies in the field of nutrition and animal nutrition science. The investigation into the interaction between genes, nutrition

(animal nutrition) and health is rapidly developing although it is complicated due to the fact often more than one gene is involved in the regulation of traits.

Cano (2020) reports on a gene editing technology (CRISPR-Cas9) which could be a promising method in animal nutrition in the future. Due to its efficacy, precision, simplicity, and low cost of this technique could be the beginning of a new era in genetics.

According to Cano (2020), this technique could be used in the following areas:

- Development of new fodder plants in which it is possible to over express or silence part of the genome.
- Incorporating exogenous genes in plants, so that they can synthesize proteins, such as antibodies, enzymes, prebiotics, and functional components.
- This technique is also applicable to farm animals. It can be used to develop an accelerated, totally directed gene selection. Furthermore, this gene technology can be used e.g. to reduce the occurrence of different diseases, and to increase resistance to disease, and to increase productivity.

A very good example of the cooperation between animal nutrition and molecular genetics is the so-called concept of animal nutrition based on genetic profile. In short, this research (innovation) program is based on three different series of experiment:

- Genotyping of the hybrid swine (gene polymorphism studies). In this study, the frequency of genes responsible for different production parameters (weight gain, feed intake, protein and fat deposition, etc.) should be determined.
- Gene expression tests for mRNA (using RT-PCR technology: polymerase chain reaction) and specific proteins. In the gene expression profiling measures, which genes are being expressed in a cell at any moment? This method can measure thousands of genes at a time; some experiments can measure the entire genome at once.
- Based on the results of genotyping and gene expression, nutrition trials with diets with different ileal digestible lysine/digestible energy ratio must be carried out. At the end of the fattening period (app. 110 kg body weight) performance (daily gain, daily feed intake feed conversion ratio), moreover meat quality and daily protein, fat deposition should be determined. On the basis of the production data and the data above, it is possible to decide which compound feed can be used most economically on the given pig operation.

However, it should be noted that swine nutrition based on genetic profile is still in its infancy. The development of this technique depends primarily on the development of molecular biology and molecular genetics.

But there is no doubt that in the near future this method will be used in practical pig feeding.

The spread of this method naturally strongly depends on the simplicity of the test and its price as well.

Further expected innovation activities in pig nutrition (Babinszky et al., 2019a)

In addition to the above mentioned fields, there are currently many existing areas which are going to determine the short and medium term development of animal nutrition.

However, due to the lack of space, these areas cannot be elaborated here. Examples are:

- Elaboration of new and more accurate in vitro and quick analysis methods. The urgency for the development of in vitro protein, amino acids, and carbohydrate digestion analyses methods, inter alia, is increasing, since it is increasingly difficult to acquire obtain the official permits for animal experiments. However, there are also other arguments for in vitro analyses to be developed, such as the relatively short duration of analysis and the lower costs than in vivo testing. Developing rapid analyses to estimate the chemical composition of animal feed and feed ingredients is also a key issue in the practice of precision animal nutrition.
- Even today, nanotechnology plays an important role in producing animal feed additives. An increasing number of micronutrients (e.g. vitamins, minerals, such as Se) is mixed into the animal feed in the form of nano-sized particles in order to improve absorption and, as a result, to increase nutrient dynamics, i.e., the efficiency of absorption. Based on the analysis of current trends, it can be concluded that nanotechnology will become more important in animal nutrition science.
- Biotechnology. The significance of this area of the green (agricultural) biotechnological industry in animal nutrition and the feed industry is already apparent. Developments in the red (medical science and health industry), yellow (food industry and nutrition science), grey (classic fermentation industry) and white (industry and environmental protection) biotechnological industries contribute to various extents but are likely increase their contribution to the development of animal nutrition science and a more effective practical animal nutrition in the future. It can be expected that the new biotechnological products will appear much faster than before in everyday pig feeding. Such products are already used in feeding industry, but the possibilities are nowhere near being exploited.

5.2. Expected innovation activity in the distant future in pig nutrition (the next 10-20 years)

It is very difficult to predict the innovation activity in animal nutrition research for such a long period of time, because such a prediction strongly depends on the development speed of this research area and related sciences, as well as on their future technical backgrounds. However, certain trends can already be fathomed. They are briefly summarized below (Babinszky et al., 2019a).

According to Cano (2020) the future of animal nutrition will be deeply determined by the following scientific disciplines: block-chain technology, big data analysis, artificial intelligence.

Block chain technology: This technology allows digital records, such as databases, documents, and computer files, to be publicly accessible and in a safe, inviolable way. Block-chain users themselves guarantee the integrity of those records through the formation of a chain of blocks, distribution networks, and a complex encryption and verification technology. It must also be highlighted that this technology enables safe, reliable management of the large amount of data generated in the production chain in which animal nutrition participates.

Big data analysis: Currently, billions of mobile devices are sending a large amount of data to the network. This info is stored in large capacity servers and managed with powerful relational database systems. In addition to this the machines are generating their

own data in the so-called internet of things (IOT). To process this huge data set, big data provides help.

Artificial intelligence: The artificial intelligence (Deep Learning or Machine Learning) is an automated learning model based on artificial neural networks. It works like the "human brain". According to Cano (2020), artificial intelligence can be used for e.g. estimating the nutritional requirements of the animals, or establishing feeding plans based not only on productive objectives, but also addressing the product quality, health, sustainability and many other aspects too.

Bioinformatics: This area is partially related to what was described in the previous subsection.

Bioinformatics is a branch of science which uses information technology (IT) tools and methods in order to explore, model and affect biological processes. According to an early description, bioinformatics is interdisciplinary science which uses computer science in molecular biology (Luscombe et al., 2001). Based on the definition used today, bioinformatics is the *in silico*, i.e. computerized application of all mathematical algorithms and methods which assist in providing solutions to biological problems based on experimental data. For example, from the aspect of animal nutrition, the mathematical modeling of various biological processes (e.g. animal growth, protein and fat deposition in the body) (Halas, 2004).

However, within bioinformatics, there are entirely specialized areas. For example, structural bioinformatics focuses on the spatial structure of macromolecules. In addition to sequencing, there are several other data which are produced with the so-called high-throughput (HTP) method and can only be managed using bioinformatics. For example, gene expression, electrophoretic and mass spectrometry data and the genetic, metabolic, signal transmission and protein-protein interaction pathways and networks. Based on these data and the use of bioinformatics models, we will be able to explore the cause of several animal nutrition problems which are still unclear today (e.g. nutrient interactions and their targeted utilization).

The relevant technical literature data so far led us to conclude that the findings of bioinformatics will not only be used in mathematical modelling, but also in the interpretation of processes connected to digestion physiology at an increasing frequency.

Quantum biology and nutrition (animal nutrition) science: Using quantum biology, physicists and biologists attempt to interpret and explain complex physiological and biochemical processes at the subatomic level together. The question whether quantum mechanics can play a role in the interpretation of biological processes was raised only a few decades ago. According to numerous research findings, the answer is yes (Arndt et al., 2009; Lambert et al., 2013), as it seems that nearly all chemical processes are based on quantum mechanics. In their outstanding technical literature review, Arndt et al. (2009) came to the conclusion that the studying of quantum physics and biology in a coherent system (in quantum biology) in order to understand many biological processes is a very timely and important task. The question arises whether quantum biology can be used in the future in nutrition and animal nutrition science to provide subatomic interpretation of intermediary metabolism and the physiological processes of digestion, as well as the

processes which are still unknown or only partially known today. The answer is rather hopeful than firm, since this scientific field is still in its infancy. However, as various physiological processes can be interpreted and understood at the level of electrons, protons and neutrons in 15-20 years, let us just consider molecular nutrition as similarly, 25 years ago, not many would have thought that biochemical processes could be examined and interpreted at the intracellular and molecular level (Sanders and Emery, 2003).

It is already clear that the quantum biology can be of great help in animal nutrition in areas such as understanding of cell communication or the clarification of the mechanism of action of hormones and their effect on the nutrient supply.

6. Conclusions

The following main conclusions can be drawn from the latest global trends concerning innovation activity in swine nutrition:

- The demand of the Earth's population for healthy, safe and traceable food of animal origin will continue to increase in the future.
- Therefore, in order to satisfy this demand, the innovation activity in the field of animal nutrition science must be further strengthened.
- While in the past, innovation in animal nutrition research was based on developments within this field of science, currently - and even more so in the future - these activities will be carried out in closer cooperation with associate sciences than before.
- The cooperation between different sciences provides the basis of the concept of precision animal nutrition (PAN).
- It is very likely that future innovation activity in animal nutrition research is carrying out in three directions:
 1. Research related to feed (new feed ingredients and feedstuffs);
 2. Development of new animal experimental and laboratory methods together with associated sciences;
 3. Development of new (biological, technical) concepts and principles.
- These three main directions of the innovation activity will be necessary for the economical and environmentally friendly production of health, safety and traceable animal origin food foodstuffs.

7. References

- All About Feed. 2017. Global feed production. <https://www.world-grain.com/articles/9419-2017-global-feed-output-reaches-new-heights>
- Arndt, M., Juffmann, T. and Vedral, V. 2009. Quantum physics meets biology. *Human Frontier Science Program Journal* 3: 386–400. <https://doi.org/10.2976/1.3244985>
- Babinszky, L. 2008. The concepts of ileal digestible amino acid and ideal protein in swine and poultry nutrition. In: S. Gy. Fekete (Ed). *Veterinary nutrition and dietetics (Chapter VII). Digestibility of nutrients. Pro Scientia Veterinaria Hungarica Publ. Budapest.* ISBN 978-963-06-5166-0. 119–146.
- Babinszky, L. and Halas, V. 2009. Innovative swine nutrition: some present and potential applications of latest scientific findings for safe pork production. *Italian Journal of Animal Science (Suppl. 3)*: 7–20. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s3.7>
- Babinszky, L., Halas, V. and Versteegen, M. W. A. 2011. Impacts of climate change on animal production and quality of animal food products (Chapter 10). In: H. Blanco

- and H. Kheradmand. (Eds). Climate change – Socioeconomic effects. InTech Publisher London, UK. 165–190.
- Babinszky, L., Verstegen, M.W. A. Hendriks, W. H. 2019a. Challenges in the 21st century in pig and poultry nutrition and the future of animal nutrition. (Chapter 1). In: W. H. Hendriks, M. W. A. Verstegen and L. Babinszky (Eds). Poultry and pig nutrition, Challenges of the 21st century. Wageningen Academic Publishers. ISBN 978 90 8686 333 4. 17–37. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1_1
- Babinszky, L., Horváth, M. Remenyik, J. Verstegen, M. W. A. 2019b. The adverse effects of heat stress on the antioxidant status and performance of pigs and poultry and reducing these effects with nutritional tools (Chapter 8). In: W. H. Hendriks, M. W. A. Verstegen and L. Babinszky (Eds). Poultry and pig nutrition, Challenges of the 21st century. Wageningen Academic Publishers. ISBN 978 90 8686 333 4. 187–208. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1_8
- Babinszky, L., Szabó, Cs. and Horváth, M. 2022. Perspective Chapter: Using feed additives to eliminate harmful effects of heat stress in broiler nutrition (Chapter 5). In: L. Babinszky, J. Oliveira and E. M. Santos (Eds), Advanced studies in the 21st century animal nutrition. IntechOpen Book Series Veterinary Medicine and Science. IntechOpen Publisher. London, UK. ISBN 978-1-83969-403-5. Vol. 8. 71–98.
- Baker, M. A., Taylor, Y. C. and Brown, J. M. 1988. Radiosensitization, thiol oxidation, and inhibition of DNA Repair by Sr. 4077. Radiation Research 2: 346–355. <https://doi.org/10.2307/3577208>
- Boisen, S. and Verstegen. M. W. A. 2000. Developments in the measurement of the energy content of feeds and energy utilization in animals (Chapter 4). In: P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen and M. I. Visser-Reyneveld (Eds). Feed evaluation. Principles and practice. Wageningen Pers. Wageningen, the Netherlands. ISBN 9074134785. 57–76.
- Cano, J. L. 2020. The animal nutrition of the future. NutriNews International, August 2020. <https://nutrinews.com/en/the-animal-nutrition-of-the-future/>
- Daghir, N. J. 2009. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. Lohmann Information. 1: 6–15.
- Dammers, J. 1964. Verteringstudies bij het Varken (Digestibility studies with pigs). Instituut voor Veevoedingsonderzoek. Research institute publication. Hoorn, West-Friesland, Hoorn, the Netherlands [In Dutch].
- Defa, L., Changting, X. Shiyan, Q. Jinhui, Z. Johnson, E. W. and Thacker, P. A.. 1999. Effect of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. Animal Feed Science and Technology 78: 179–188. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00005-X)
- Es, van, A. J. M. and Boekholt, H. A. 1987. Energy metabolism of farm animals. In: M. W. A. Verstegen and A. M. Henken (Eds). Energy metabolism in farm animals. Effects of housing, stress and disease. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, the Netherlands. ISBN 0-89838-974-7. 3–19. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3363-7_1
- FIF (International Feed Industry Federation). 2022. Global feed statistic. <https://ifif.org/global-feed/statistics/>
- Gilbert, R. 2004. World Animal Feed Industry. In: Protein sources for the animal feed industry. Animal Production and Health. FAO Proceedings, Rome. 1–8.
- Gill, C. 2006. Feed more profitable, but disease breeds uncertainty. Feed International 1: 5–12.
- Halas, V. 2004. Dietary influences on nutrient partitioning and anatomical body composition of growing pigs. PhD. Thesis. Wageningen University. Wageningen, the Netherlands.

- Horváth, M. 2021. Alleviating the adverse effect of chronic heat stress on selected antioxidant parameters and performance of meat type ducks by dietary vitamin E, vitamin C, selenium and zinc supplementation. PhD Thesis. University of Debrecen. Debrecen, Hungary.
- Huisman, J. and Tolman, G. H. 2010. Antinutritional factors in the plant proteins on diets for non-ruminants. In: J. Wiseman and P.C. Garnsworthy (Eds.). *Recent developments in pig nutrition 3*. Nottingham University Press. UK. 261–291. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-0714-8.50005-9>
- Kidd, M. T., Gerard, P. D., Heger, J. Kerr, B. J., Rowe, D., Sistani K. and Burnham, D. J. 2001. Threonine and crude protein responses in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* 94: 57–64. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00301-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00301-7)
- Lambert, N., Chen, Y. N., Cheng, Y. C., Li, G. C. M., Chen, Y. and F. Nori. 2013. Quantum biology. *Nature Physics* 1: 10–18. <https://doi.org/10.1038/nphys2474>
- Lawrence, B. and Hahn, J. 2001. Feeding swine without antibiotics requires broad approach. *Feedstuffs*, October 22. 12–15.
- Liu, F., Cottrell, J. J., Furness, J. B., Rivera, L. R., Kelly, F. W., Wijesiriwardana, U., Pustovit, R. V., Fothergill, L. J., Bravo, D. M., Celi, P., Leury, B., J. Gabler N. K., and Dunshea, F. R. 2016. Selenium and vitamin E together improve intestinal epithelial barrier function and alleviate oxidative stress in heat-stressed pigs. *Experimental Physiology* 7: 801–810. <https://doi.org/10.1113/EP085746>
- Luscombe, N., Greenbaum, M. D. and Gerstein, M. 2001. What is bioinformatics? A proposed definition and overview of the field. *Methods of Information in Medicine* 4: 346–358. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1634431>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A. Sinclair L. A. and Wilkinson, R. G. 2011. Animal calorimetry: Methods for measuring heat production and energy retention (Chapter 11.3). In: McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair and R. G. Wilkinson (Eds), *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Pearson Education Limited. New York. USA. ISBN 978-1-4082-0423-8. 262–270.
- Metzler-Zebeli, B. U., Eklund, M., Rink, F., Bauer, E., Ratriyanto, A. and R. Mosenthin. 2008. Nutritional and metabolic effects of betaine in pigs and poultry. In: K. Eder (Ed). *Tagungsband Schweine- und Geflügelernährung*. Universitätsdruckerei, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale). 96–106.
- Nääs, I. 2001. Precision Animal Production. *Journal of Science Research Development* 3: 1–10.
- Noblet, J., Le Dividich, J. and van Milgen. J. 2001. Thermal environment and swine nutrition. In: A. J. Lewis and L. L. Southern (Eds), *Swine nutrition*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 519–544. <https://doi.org/10.1201/9781420041842.ch23>
- Noctor, G. and Foyer, C. H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Biology* 1: 249–279. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.249>
- NRC, 2012. (National Research Council of the National Academies). *Nutrient requirements of swine*. Eleventh Revised Edition. The National Academies Press. Washington DC. USA. ISBN 978-0-309-22423-9.
- Oslo Manuel 2018. *Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. 4th Ed. ISBN 978-92-64-30455-0
- O'Quinn, P. R., Knabe D. A. and Wu, G. 2002. Arginine catabolism in lactating porcine mammary tissue. *Journal of Animal Science* 80: 467–474. <https://doi.org/10.2527/2002.802467x>

- Pierzynowsky, S. G., Valverde Pierde, J. L., Hommel-Hansen T. and Studzinski. T. 2001. Glutamine in gut metabolism. In: A. Piva, K. E. Bach Knudsen, J. E. Lindberg (Eds.) Gut environment of pigs. Nottingham University Press, UK. 43–60.
- Pond, W. G., Church, D. C., Pond, K. R. and Schoknecht, P. A. 2005. Energy metabolism (Chapter 10). In: W. G. Pond, D. C. Church, K. R. Pond and P. A. Schoknecht (Eds.) Basic animal nutrition and feeding. Fifth Edition. John Wiley & Sons Inc. USA. INBN 978-0-471-21539-4. 145–162.
- Renaudeau, D., A., Collin, S., Yahav, V., De Basilio, Gourdine j. L. and Collier, R. J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 5: 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- Sanders, T. and Emery, P. 2003. Molecular Basis of Nutrition. Taylor & Francis Publisher Inc. New York, USA. 165 pp. <https://doi.org/10.1201/9780367806323>
- Schrama, J. W., Heetkamp, M. J. W., Simmins P. H. and Gerrits, W. J. J. 2003. Dietary betaine supplementation affects energy metabolism of pigs. *Journal of Animal Science* 81: 1202–1209. <https://doi.org/10.2527/2003.8151202x>
- Stanley D, Hughes, R. J., and Moore, R. J. 2014. Microbiota of the chicken gastro intestinal tract: influence on health, productivity and disease. *Applied Microbiology and Biotechnology* 98: 4301–4310. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5646-2>
- Szabó, Cs., Babinszky, L. Versteegen, M. W. A., Vangen, O. Jansman A. J. M. and Kanis. E. 1999. The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs: a review. *Livestock Production Science* 60: 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00050-0)
- Szabó, Cs. 2001. Determination of protein and fat content in growing and fattening pigs by the means of computer tomograph, using different lysine to digestible energy ratios in the diet. PhD Thesis. University of Kaposvár, Kaposvár, Hungary.
- Szabó, Cs., A. Jansman, J. M., Babinszky, L., Kanis, E. and Versteegen. M. W. A. 2001. Effect of dietary protein source and lysine/DE ratio on growth performance, meat quality and body composition of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 79: 2857–2865. <https://doi.org/10.2527/2001.79112857x>
- Tolnai, E., Fauszt, P., Fidler, G., Pesti-Asboth, G., Szilagyi, E., Stigel, A., Konya, J., Szabo, J., Stundl, L., Babinszky, L., Remenyik, J., Biro, S. and Paholcsek. M. 2021. Nutraceuticals induced changes in the broiler gastrointestinal tract microbiota. *mSystems*, USA. 6: e01124–20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.01124-20>
- Turnbaugh, P. J. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R. J. and Gordon, L. 2006. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature* 444:1027–1031. <https://doi.org/10.1038/nature05414>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2011. World Population Prospects: The 2010 Revision, Volume I: Comprehensive Tables. United Nations, New York, NY, USA.
- Versteegen, M. W. A. W. van der Hel, H. A. Brandsma, A. M. Henken and A. M. Bransen. 1987. The Wageningen respiration unit for animal production research: A description of the equipment and its possibilities. In: M. W. A. Versteegen and A. M. Henken (Eds.) Energy metabolism in farm animals. Effects of housing, stress and disease. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, the Netherlands. ISBN 0-89838-974-7. 21–48. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3363-7_2
- Yu, P., D., Christensen, L., Miller, H., Nakatsuji, R. T., Zijlstra, H., Zhang, Y. C., Lee, Y. Ikemoto and B. R. Wood. 2019. Using non-invasive synchrotron-based analytical techniques in animal nutrition: novel approach. In: W. H. Hendriks, M. W. A. Ver-

DOI: 10.54597/mate.0044

stegen and L. Babinszky (Eds). Poultry and pig nutrition, Challenges of the 21st century. Wageningen Academic Publishers. ISBN 978 90 8686 333 4. 209–227. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-884-1_9

Zhang, J., 2003. Genomics and beyond. In: J. Zemleni, H. Daniel (Eds). Molecular Nutrition. CAB International. ISBN 0 85199 679 5. 1-1

REDUCING DEPENDENCY ON ANTIMICROBIALS NATURALLY, FOR PROFITABILITY AND SUSTAINABILITY IN MODERN BROILER PRODUCTION

Ajay Awati

EW Nutrition GmbH, Hogenbogen 1, 49429 Visbek, Germany

ABSTRACT

With an ever increasing world population, increasing demand for higher quality protein has driven growth in all sectors of agriculture and animal production. Animal production in general and poultry production in particular have grown substantially over the last few decades. However, growth comes with its challenges to sustain and remain profitable. In recent years, consumer pressure on reduction of the use of antibiotics, quality of meat products, higher welfare requirements and environmental impact has challenged sustainability and profitability of the overall poultry business. New and upcoming feed additive technologies help mitigate gut health related challenges and thus help reduce dependency on anti-microbials. One such technology is phyto-genic gut health additives. This article discusses the anti-microbial resistance challenge the world is facing, why it is important to reduce the use of antimicrobials in poultry production, and how new feed additive technologies can help.

Introduction

Achieving food security for the growing population of the world, especially in developing countries, has been a constant challenge for all agricultural and animal production systems. Since the Second World War, the world population has grown tremendously, and so have the needs for healthy and nutritious protein-rich food. In the last few decades, achieving higher production performance was the main and only success parameter for animal production. This particular objective has led to a constant focus on zoo-technical parameters such as average daily gain, slaughter body weight, and feed conversion ratio. One can describe this era as an “era of increased and efficient production”.

Looking back, the poultry industry has achieved immense success in securing the increasing needs of the human population. According to data on world hunger and the undernourished population, in the 1970s more than one out of three global citizens were facing hunger. This number has dramatically come down to one in eleven. If you consider poultry production, the performance parameters of modern poultry have dramatically improved during the same period. In the 1960s, the slaughter bodyweight of a broiler chicken was in the range of 1.7 kg at 42 days of age. This has now gone up to about 2.8 kg, which is an improvement of about 66%.

Modern poultry production is not only achieving higher body weight, but it is also better in production efficiency. In the 1960s, the average FCR (feed conversion ratio) was about 2.5; it is now at an average of 1.65 for a 42-day old broiler chicken. FAO data during the period of 1995 to 2005 clearly shows that the farm poultry population grew at twice the rate of the human population. Furthermore, poultry meat production and international trade of poultry meat grew about 4 to 5 times the rate of human population growth.

This clearly shows that the poultry industry has managed to not only farm more birds and produce more meat, but also to improve production efficiency and poultry meat availability across the globe, outpacing the human population growth. This is a very important feat in terms of the growth of the industry.

Changing scenarios

As described above, for the last few decades, the poultry industry has gone through a period of immense growth. However, increasing consumer awareness and the impact of industry on the environment and public health in general have shifted the success paradigm towards more sustainable and responsible production. This has resulted in increasingly more focus on other success parameters beyond production efficiency, such as animal welfare, variation in slaughter bodyweight, animal health, quality of the animal product, reduced use of antibiotics, public health, and environmental concerns. This clearly shows that the industry is entering an “era of responsible production”. Today and in the near future, the industry will have to look at poultry farming in a holistic way to see that all of these additional parameters are met for successful, profitable, and sustainable poultry production. Taking a deeper dive into understanding sustainability and profitability parameters reveals that gut health and gut microbial activity have a vital role in achieving success.

Gut health and production performance

The intestinal tract is the most important part of the digestion process, which helps the animal digest and absorb essential nutrients. These are important for the maintenance and growth of the animal. Therefore, the functioning of the intestinal tract and the microbial community that resides inside have a huge impact on growth performance and the overall profitability of animal production. Pathogenic challenges such as necrotic enteritis caused by *Clostridium* spp. infection are estimated to cost the industry 5-6 billion US dollars per year (Wade and Keyburn, 2015).

Besides the energy contribution through VFA, gastrointestinal microbes and their activity can positively contribute to nutrient availability for the animal by the production of nutrients such as vitamin K, vitamin B and some essential amino acids (Savage, 1986). Short-chain fatty acids produced by microbial activity also have a positive effect on re-absorption of water from the large intestine, maintaining the fluid balance of the host body (Ruppin et al., 1980).

Although less studied in chickens, there is increasing evidence that when microbial fermentation is improved in the large intestine, mineral absorption and bone mineralisation are improved (Perez – Conesa et al., 2007; Scholz-Ahrens et al. 2007; Bosscher, et al. 2006 and Franck, A. 2005). Interestingly, as indicated by Williams et al. 2001, 70% of the energy needed by the intestinal epithelium is provided by volatile fatty acids produced by the gut microbiota, such as butyric acid. The intestinal tract is one of the most energy-demanding organs in the body, and this contribution can be significant in overall energy metabolism.

However, if the functioning of the intestinal tract or the intestinal microbial activity are not managed well, this can incur costs in terms of nutrient utilization. It has been observed by Smits et al. 1996 that nutrient digestibility is significantly decreased when there is microbial overgrowth in the small intestine. This is particularly due to the competition of the microbial community with the host for available nutrients, and in part to the ability of the microbial population to deconjugate bile salts, leading to decreased fat digestion.

There are also other observations, such as non-specific stimulation of the immune response caused by the gastrointestinal microbial community and excessive IgA secretion. IgA secreted across the gastrointestinal tract accounts for more than 70% of total antibody production (Macpherson and Uhr, 2004). Each antibody such as IgA produced against non-specific immune stimulation costs nutrients and energy to produce them, deviating nutrients and energy from being used for growth. Furthermore, intestinal tract metabolism accounts for 20 to 36% of the whole-body energy expenditure, which is mainly due to cell turnover (Cant et al., 1996). This requirement can easily increase when the gastrointestinal tract is under pathogenic challenge or sub-optimal intestinal health.

Therefore, it is of immense importance that the gastrointestinal tract is in homeostasis, in terms of the function of the absorptive surface, mucosal gut barrier, and activity of the microbial community. Without optimum gut health, it is always challenging to reach the birds' peak production performance.

Gut health, antibiotic use, and public health

The poultry industry uses antibiotics to improve meat production through improved feed conversion, growth rate promotion, and disease prevention. Antibiotics can be used successfully at sub-therapeutic doses in poultry production to promote growth (Barceló, 2007, Chattopadhyay, 2014, Engberg et al., 2000, Harms et al., 1986) and protect the health of birds by modifying the immune status of broiler chickens (Lee et al., 2012). This is mainly due to the control of gastrointestinal infections and microbiota modification in the intestine (Dibner and Richards, 2005, Singh et al., 2013, Torok et al., 2011). In their review, Mehdi et al (2018) concluded that although the mechanism remains unclear, antibiotics are likely to act by remodelling microbial diversity and the relative abundance in the intestine to provide an optimal microbiota for growth. However, this poses a wider threat of antimicrobial resistance to antibiotics which are used in human and animal treatments. Growing concerns about the increasing antimicrobial resistance and consumer pressure to reduce unbridled use of antimicrobials in animal farming require attention and make alternative strategies to improve the gut health of the birds of paramount importance.

Strategies to improve gut health:

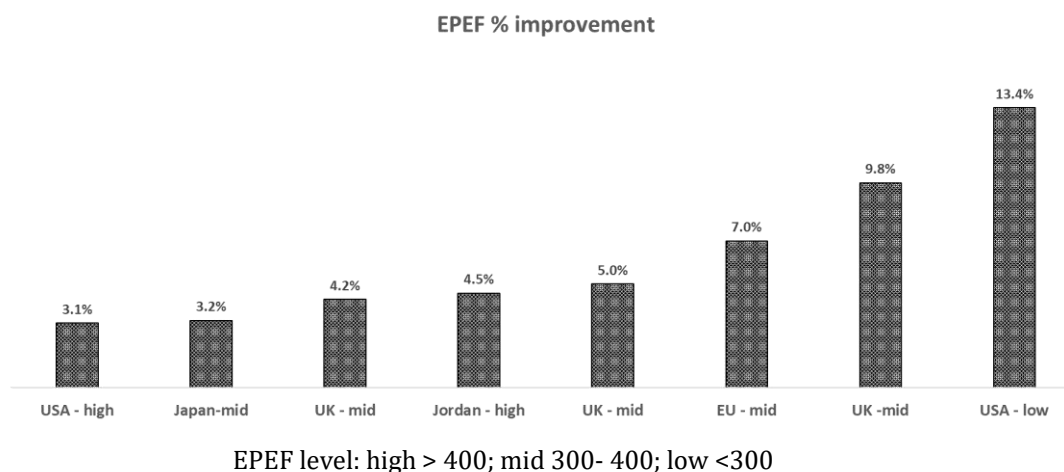
Microbial composition and activity in the gut play an important role in determining the severity of the challenge. There is no substitute to fine-tuning poultry production in terms of biosecurity, improved management practices, a well-trained labour force, high quality raw material usage, and appropriate feeding strategies for balancing higher efficiency of

production and optimum gut health. There is abundant literature on gut health feed additives which have a direct effect on gut microbiota and gut function. One such very well studied and proven gut health additive is the phytogetic based feed additive.

An ideal phytogetic gut health additive must:

- 1) Have a great mixability:
- 2) One of the most important practical aspects that leads to inconsistent results is reach of active ingredients to the specific site of activity. At dosages that are at about 100-200 g /MT of complete feed, flowability and mixability become even more important. It is always advisable to look at different indices which are industry standards such as Carr Index, Hausner ratio and angle of repose.
- 3) Have a great pelleting stability:
- 4) Even if the product is well mixed in mash diet, it is very important that it sustains the harsh pelleting process. Thermostability in pelleting is entering into next generation. Previously, pelleting stability was all about sustaining high temperatures. Now, sustaining longer conditioning times is a need for the future. Many integrators across the world are applying feed hygiene protocols which include longer exposure to steam under pressure to reduce salmonella threats. But this has become a challenge for earlier-generation coating technologies.
- 5) Reach specific site in the gastro-intestinal tract for maximum efficacy:
- 6) To reduce pathogen pressure and exert antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory effects, it is of paramount importance that the active ingredients of phytogetic gut health additive reach the desired site in the gastrointestinal tract.
- 7) With advanced formulation technologies available, it is possible to ensure that.
- 8) Have the right combination of phytomolecules to exert desired effects:
- 9) This is the most valuable part of phytogetic feed additive development. One must scan hundreds if not thousands of available phytomolecules to create a unique combination that delivers the desired effects. Recently, anti-microbial effects of the phytomolecules have become much appreciated in scientific literature. The challenge that was raised concerned their effect on beneficial microbes. With selecting phytomolecule combinations for this differential antimicrobial effect more effective against pathogens and sparing beneficial microbes is possible. One such product was very well developed by EWN Innovations called "Ventar D".
- 10) Work consistently in various production conditions:
- 11) An ideal phytogetic gut health additive must exert performance improvement effects in various conditions such as different breeds, different climates, different diet formulations, more challenging and stressful conditions but also in optimal conditions, to make itself an economically viable solution to reduce dependency on antibiotics. Figure 1, summarises effectiveness of innovative phytogetic feed additive under various performance conditions around the world.

Figure 1: Improvement in European Production Efficiency Factor (EPEF) with inclusion of Phytogetic Feed Additive in various conditions.



Reducing dependency on antimicrobials is quite possible in era of responsible production. Well-researched, innovative phytogetic feed additives can lead the way naturally!

References:

- Barceló, D. 2007. Pharmaceutical-residue analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 26: 454–455. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2007.02.008>
- Bosscher, D., Van Loo, J., and Franck, A. 2006. Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *International Dairy Journal*, 16(9): 1092–1097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.028>
- Cant, J. P., McBride, B. W., and Croom, W. J. 1996. The regulation of intestinal metabolism and its impact on whole animal energetics. *Journal of Animal Science*. 74: 2541–2553. <https://doi.org/10.2527/1996.74102541x>
- Chattopadhyay, M. K. 2014. Use of antibiotics as feed additives: a burning question *Frontiers in Microbiology*, 5: 334. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00334>
- Engberg, R. M., Hedemann, M. S., Leser, T. D., and Jensen B. B. 2000. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. *Poultry Science*, 79: 1311–1319. <https://doi.org/10.1093/ps/79.9.1311>
- Franck, A. 2005. Prebiotics stimulate calcium absorption: a review. *Food Australia*, 57(12): 530–532.
- Harms, R. H., Ruiz, N., and Miles R. D. 1986. Influence of virginiamycin on broilers fed four levels of energy. *Poultry Science*, 65 :1984–1986. <https://doi.org/10.3382/ps.0651984>
- Dibner, J. J., and Richards, J. D. 2005. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action *Poultry Science*, 84: 634–643. <https://doi.org/10.1093/ps/84.4.634>
- Lee, K. W., Ho Hong, Y., Lee, S. H., Jang, S. I., Park, M. S. and Bautista, D.A. 2012. Effects of anticoccidial and antibiotic growth promoter programs on broiler performance and immune status. *Research in Veterinary Science*, 93: 721–728. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.01.001>
- Macpherson, A. J., and Uhr, T. 2004. Compartmentalization of the Mucosal Immune Responses to Commensal Intestinal Bacteria. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1029 (1): 36–43. <https://doi.org/10.1196/annals.1309.005>
- Mehdi, Y., Letourneau-Montminy, M. P., Gaucher, M. L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T, Brar S. K., Cote C. , Ramirez A. A., and Godbout S. 2018 Use of antibiotics in broiler

- production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition* 4: 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
- Perez-Conesa, D., Lopez, G., and Ros, G. 2007. Effects of probiotic, prebiotic and symbiotic follow-up infant formulas on large intestine morphology and bone mineralisation in rats. *Journal of the science of Food and Agriculture*, 87 (6): 1059–1068. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2812>
- Ruppin, H., Bar-Meir, S., and Soergel, K. H. 1980. Absorption of short chain fatty acids by the colon. *Gastroenterology*, 1500–1507. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(19\)30508-6](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(19)30508-6)
- Savage, D. C. 1986. Gastrointestinal Microflora in Mammalian Nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 6: 155–178. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.06.070186.001103>
- Scholz-Ahrens, K. E., Ade, P., Marten, B., Weber, P. Timm, W., Asil, Y., Gluer, C. C., and Schrezenmeir, J. 2007. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. *Journal of Nutrition*, 137(3): 838S–846S. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.838S>
- Smits, C. H. M., Veldman, A., Verkade H. J., and Beynen, A. C. 1998. The inhibitory effect of carboxymethylcellulose with high viscosity on lipid absorption in broiler chickens coincides with reduced bile salt concentration and raised microbial numbers in the small intestine. *Poultry Science*, (77): 1534–1539. <https://doi.org/10.1093/ps/77.10.1534>
- Singh P., Karimi A., Devendra K., Waldroup P.W., Cho K.K., and Kwon Y.M. 2013. Influence of penicillin on microbial diversity of the cecal microbiota in broiler chickens. *Poultry Science*, 92: 272–276. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02603>
- Torok V. A., Allison G. E., Percy N. J., Ophel-Keller K., and Hughes R. J. 2011. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. *Applied Environmental Microbiology*, 77: 3380–3390. <https://doi.org/10.1128/AEM.02300-10>
- Wade, B. and Keyburn, A. 2015. The true cost of necrotic enteritis. *World Poultry*, 31, 16–17.
- Williams, B. A., Verstegen, M. W. A., and Tamminga, S. 2001. Fermentation in the large intestine of single stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research Reviews*, 14: 207–227. <https://doi.org/10.1079/NRR200127>

INSIGHTS INTO CALF FEEDING FOR OPTIMAL FUTURE PRODUCTIVITY

Anna Catharina Berge

Berge Veterinary Consulting BV, Belgium

The goal of a calf heifer rearing programme is to obtain optimal future productivity and sustainability of the dairy farm. Thereby it is essential to not only consider cost and ease of calf management and feeding programmes, but also health and durability of the heifers. As dairy herd health advisors, we need to focus more of our attention on preventing disease than to provide cures, as diseases leave permanent reduction in health, productivity, and durability of the animals. The nutrition and management of the young calves is many times lacking even on the best of dairies and needs special attention. Since the beginning of this millennium, increasing research has been made to evaluate the impact of heifer rearing on future productivity. Our improved ability to statistically analyse and evaluate chronic effects and long-term productivity effects has led to revised recommendations as regards colostrum administration, feeding programmes, preventive health programmes and welfare systems. In this paper, I want to reflect some on the current calf management systems, review some of the scientific research, and reflect on the ultimate solutions for a sustainable dairy production.

There are numerous studies indicating that the early life nutrition is critical for future health and productivity. There is limited evidence that cheaper calf feeding systems are cost-efficient, as sub-optimal body development and diseases have long-term financial consequences. When industrial calf feeding programs, with limited quantities of milk or milk replacer (MR) and early weaning were developed in the previous century, there were lacking studies and statistical abilities to evaluate long term consequences of early life management systems.

A healthy gut is crucial for a healthy calf. Elimination of pathogens (viruses, bacteria, and parasites) has been a traditional veterinary focus. However, the support and promotion of the gut microbiota and gut health may be a better strategy to underpin calf health. Microbial colonisation of the intestine during early life occurs through vaginal mucosa contact, colostrum, transition milk, whole milk/milk replacer and starter feeds, which all contribute to developing a well-functioning gut and immune system (Amin and Seifert, 2021).

The feeding of high-quality colostrum (high immunoglobulin concentration) hygienically harvested and fed to the calf within hours of birth is essential for optimal passive transfer of immunity. The higher that the passive transfer of maternal immunoglobulins to the calf can be, the lower the risk of diseases especially in the high-risk period in the second week of life (Diagram 1). At least 4 litres within 4 hours of birth can contribute to reduced calfhoo diseases, higher milk yield in the first two lactations, earlier conception

and increased longevity in the herd (Faber *et al.*, 2005). Colostrum seeds the gut microbiota and various components in the colostrum contribute to healthy intestinal lining development (McGrath *et al.*, 2016). This most important meal of the calf often fails, and I recommend verifying colostrum programmes described by the farm by evaluating serum total proteins in calves (Lombard *et al.*, 2020). Colostrum pasteurization should not be used as a quick fix hygiene solution, since it does not only eliminate pathogens and reduce microbial counts but also destroy maternal white blood cells and colostrum microbiota that may improve immunity against disease. Thus, clean raw colostrum is recommended when possible, and frozen good quality colostrum should always be present on the dairy as a back-up.

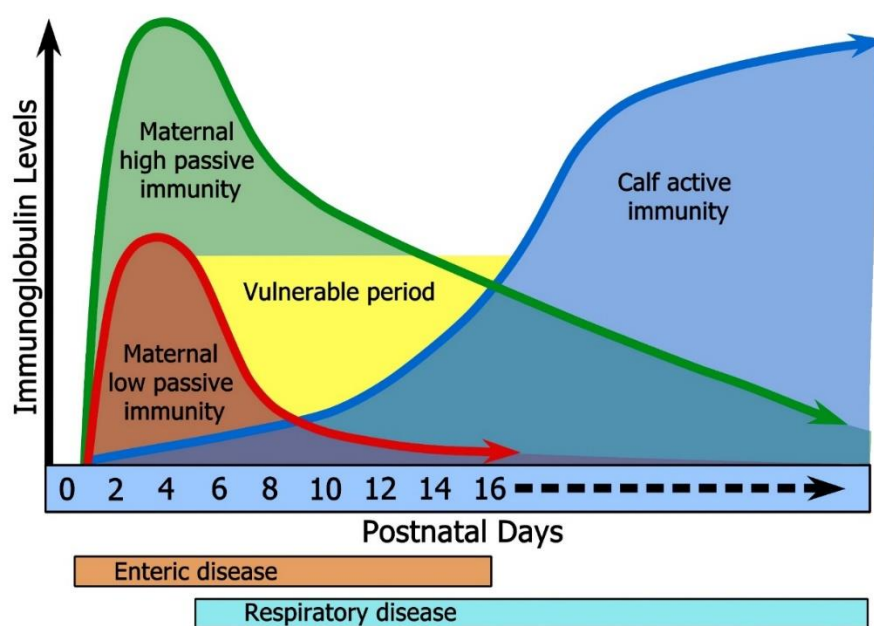


Diagram 1. This graphic representation of serum immunoglobulin levels in the neonatal calf shows how a high level of passive immunity provides better humoral immunity against diseases than a low level of passive immunity.

Transition milk, (the second milking and following milkings prior to that the dam's milk can be put into the bulk tank milk) is recommended to be targeted for calves in the first week of life. This milk has various gut active components and immunoglobulins that develop the gastrointestinal tract and improve immunity. Transition milk feeding to calves after the first colostrum feed has been shown to reduce the incidence of respiratory symptoms (Conneely *et al.*, 2014) and improve preweaning weight gain (Kuhne *et al.*, 2000). Colostrum supplementation of milk and milk replacers has also been shown to reduce diarrhoea in calves, improve daily weight gain and boost local gut and humoral immunity (Berge *et al.*, 2009; Parreno *et al.*, 2010; Kargar *et al.*, 2020; Zwierzchowski *et al.*, 2020). Thus, it is clear that the colostrum and transition milk produced by the dam needs to be harvested and used exclusively for the neonatal calves in a targeted feeding system.

An ideal calf rearing scheme allows the calves *ad libitum* consumption of fresh whole milk or pasteurized waste milk in many meals. Milk has been created by the cow for one sole reason; to grow a calf, and mother nature intended weaning to be at around 10 months of life. This indicates that milk is a long-term solution for the young calf development. Our industrial early weaning programmes creates a physiological stress on the calves, and we need to do our uttermost to reduce this stress.

As regards the choice of milk replacer of whole milk, the claim that a product created with highly processed and heat-treated milk proteins, vegetable proteins, vegetable fats and other additives outperform and is better for the calf than fresh milk is questionable. That is like telling a mother that her baby will grow better and be healthier if she is fed powdered infant formula rather than breast milk. When a dairy does not want to use milk, a high-quality milk replacer (MR), derived from high quality milk protein sources may provide good results, but the choice needs to be made carefully. High skim milk concentrations may not be as important as a high quality whey protein concentrations, and this is important to note, as skim milk powders are more expensive than whey protein products (Terosky et al., 1997).

Higher preweaning weight gain has been associated with higher first lactation milk production (for every additional 100 g daily weight gain, 150 Kg more milk in first lactation) (Soberon and Van Amburgh, 2013; Gelsinger et al., 2016). This is due to that udder development is inhibited in restrictive feeding programmes. Studies have shown that calves on enhanced nutrition had 6 times greater mammary parenchymal mass at weaning compared to restricted nutrition calves (Soberon and Van Amburgh, 2017) and 32-47% increase in mammary DNA in heifers fed 900 grams versus 440 grams MR/day (Brown et al., 2005). There is evidence that a higher level of milk feeding preweaning will benefit the calf also post-weaning (Rosadiuk et al., 2020). Enhanced pre-weaning diet has been associated with better prepubertal follicle growth, better growth, and was shown to not correlated with performance post-weaning (Bruinje et al., 2019).

A high daily milk/MR volume is recommended the first 5-6 weeks of life (7—10 litres per day depending on type of milk, MR, MR concentration, and environmental conditions) (Table1). The amino acid composition of milk proteins is perfectly adapted to the calf's needs, and the calf's digestive system has been created to assimilate this diet efficiently. Calves do not consume much grain the first month of life, and the feed efficiency through grain consumption is much inferior to feed efficiency from milk consumption. There are recent studies indicating that calves that are limit-fed (6 litres or less per day) are suffering from hunger (Rosenberger et al., 2017). Automatic feeding systems can facilitate daily calf feedings and allow the calf to feed multiple times per day. Studies have indicated that in *ad-lib* systems calf can nearly double their milk replacer intake with no negative health effects, while maintaining similar grain intake levels as limit fed (six litres) calves (Schaff et al., 2016; Schaff et al., 2018). However, calves can easily ingest high quantities of milk or MR in one meal (up to 7 litres) without the milk overflowing into the rumen or discomfort (Ellingsen et al., 2016). I recommend that calves are group housed from the second month of life, and thereby multi-feeders or automatic milk feeders can be used that assure

that all calves in the group get their appropriate share of milk. There are also studies indicating that pair-housing of preweaned calves will encourage starter grain intake, improve social skills and welfare and facilitate weaning procedures (Costa et al., 2015). After 6 weeks of age, I recommend a gradual reduction in milk feed until weaning, to encourage calf starter intake. Studies have shown that a 10-day reduction of 10% reduction per day in milk feed prior to weaning enhance transition and improved performance after weaning (Steele et al., 2017).

Table 1. My recommended feeding schedule for dairy calves with the aim to wean the calves at 8-12 weeks of age.

Week	Liters of milk - milk replacer/day
1	6-7
2-5	8-10
6	6-7
7	5-6
8-12	4-5
Weaning week	2-3

For an enhanced rumen development to allow early transition to roughage, a good starter grain is essential, as rumen development is enhanced by the consumption of starter grain. It has been shown that reduced grain intake preweaning is linked to reduced growth (Tautenhahn et al., 2020). If the starter grain is not palatable and the calf does not eat it enough, then this will delay the rumen development. The calf should be offered starter grain in the first week of life. Ensure that the grain is fresh and change it every day or at least every other day to encourage the calf to taste it, (fresh grain has a stronger smell). Starter grain is optimally including whole grains, protein rich pellets and no fine ground grains. Fine-ground and all-pelleted starter grain may be rapidly fermented in the rumen, contain insufficient structure for rumen papillae development and lead to ruminal acidosis. Limited hay should be available in the preweaning period to optimize the starter grain intake. In the second month of life, hay can be fed separate from the grain in increasing quantities. There has been much research into strategies for calf starter grain and roughage feeding to young calves and it can be complicated for the dairy producer to understand the best grain versus roughage feeding strategy (Khan et al., 2016; Imani et al., 2017).

Water should be available ad-lib from the first day of life and is important for the rumen development and grain intake, as the water enters the rumen, whereas the milk or

MR enters the abomasum. Water should be provided in a bucket to optimize water intake and prepare the calves for future watering systems (Hepola et al., 2008).

Early weaning was created as an industrial solution to sell more milk and reduce time spent feeding calves. Calves will benefit and continue to have optimal proteins for development with a longer milk feed period. Through starter concentrate feeding to young calves, we have found a way to speed up the maturation of the ruminal functioning of the calf, and this has allowed us to wean the calves earlier and earlier. However, in early weaning programmes (≤ 8 weeks), the calves are stressed by the early diet change, to which the digestive tract is not properly prepared. Weaning the calf at 3 months of age will prevent many calves to go through difficult feed transitions in a critical period of organ development. Thus, either the weaning is individual where it is verified that the calf can eat at least 1-1.5 Kg grain per day prior to weaning, or an extended milk feeding to all calves is recommended to at least 12 weeks of age to allow all calves to mature at their own pace.

After weaning the hay and starter grain should be continued for at least another month to reduce stress of weaning is impacted by dietary change. One month after weaning the calf can be fed a grower grain (approx. 15% protein) with hay, and gradually increasing quantities of haylage or silage can be fed. Heifers usually do not need a high energy roughage source. However, it should be of high nutritional quality roughage and free from mould growth that can contribute to mycotoxins in the feed. The weaning, which is indeed stressful, is many times combined with changes in housing or transitioning from individual housing to group housing, and this social stress combined with feed change stress is many times enough to reduce growth and lead to increasing levels of disease.

Many of these health and productivity challenges in the lactating herd can be traced back to sub-optimal heifer rearing which leads to high treatment costs, reduced milk production and early culling. Setting the focus on the calves is setting the focus on the future of the dairy herd, and I recommend a calf health and disease preventive strategy for every single dairy.

Footnote: If you want to read further, I recommend that you order my book 'The Healthy Dairy Calf'. Contact me at cat@bergevetconsulting.com or +32499703112.

References:

- Amin, N., Seifert, J., 2021. Dynamic progression of the calf's microbiome and its influence on host health. *Comput Struct Biotechnol J* 19, 989–1001. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.01.035>
- Berge, A.C., Besser, T.E., Moore, D.A., Sisco, W.M., 2009. Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of preweaned calves. *J Dairy Sci* 92, 286–295. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1433>
- Brown, E. G., VandeHaar, M. J., Daniels, K. M., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Forrest, J. W., Akers, R. M., Pearson, R. E., Nielsen, M. S., 2005. Effect of increasing energy and protein intake on mammary development in heifer calves. *J. Dairy Sci* 88, 595–603. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72723-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72723-5)

- Bruinje, T. C., Rosadiuk, J. P., Moslemipur, F., Carrelli, J. E., Steele, M. A., Ambrose, D. J., 2019. Carryover effects of pre- and postweaning planes of nutrition on reproductive tract development and estrous cycle characteristics in Holstein heifers. *J Dairy Sci* 102, 10514–10529. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16249>
- Costa, J. H., Meagher, R. K., von Keyserlingk, M. A., Weary, D. M., 2015. Early pair housing increases solid feed intake and weight gains in dairy calves. *J Dairy Sci* 98, 6381–6386. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9395>
- Ellingsen, K., Mejdell, C. M., Ottesen, N., Larsen, S., Grondahl, A. M., 2016. The effect of large milk meals on digestive physiology and behaviour in dairy calves. *Physiol Behav* 154, 169–174. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.11.025>
- Faber, S. N., Faber, N. E., McCauley, T. C., Ax, R. L., 2005. Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist* 21, 420–425. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31240-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31240-7)
- Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. J., Jones, C. M., 2016. A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *J. Dairy Sci* 99, 6206–6214. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10744>
- Hepola, H. P., Hanninen, L. T., Raussi, S. M., Pursiainen, P. A., Aarnikoivu, A. M., Saloniemi, H. S., 2008. Effects of providing water from a bucket or a nipple on the performance and behavior of calves fed ad libitum volumes of acidified milk replacer. *J Dairy Sci* 91, 1486–1496. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0500>
- Imani, M., Mirzaei, M., Baghbazadeh-Nobari, B., Ghaffari, M. H., 2017. Effects of forage provision to dairy calves on growth performance and rumen fermentation: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci* 100, 1136–1150. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11561>
- Kargar, S., Roshan, M., Ghoreishi, S. M., Akhlaghi, A., Kanani, M., Abedi Shams-Abadi, A. R., Ghaffari, M. H., 2020. Extended colostrum feeding for 2 weeks improves growth performance and reduces the susceptibility to diarrhea and pneumonia in neonatal Holstein dairy calves. *J Dairy Sci* 103, 8130–8142. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18355>
- Khan, M. A., Bach, A., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A., 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci* 99, 885–902. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9975>
- Kuhne, S., Hammon, H. M., Bruckmaier, R. M., Morel, C., Zbinden, Y., Blum, J. W., 2000. Growth performance, metabolic and endocrine traits, and absorptive capacity in neonatal calves fed either colostrum or milk replacer at two levels. *J. Anim Sci* 78, 609–620. <https://doi.org/10.2527/2000.783609x>
- Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., Earleywine, T., McGuirk, S., Moore, D., Branan, M., Chamorro, M., Smith, G., Shivley, C., Catherman, D., Haines, D., Heinrichs, A. J., James, R., Maas, J., Sterner, K., 2020. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J Dairy Sci*. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955>
- Parreno, V., Marcoppido, G., Vega, C., Garaicoechea, L., Rodriguez, D., Saif, L., Fernandez, F., 2010. Milk supplemented with immune colostrum: protection against rotavirus diarrhea and modulatory effect on the systemic and mucosal antibody responses in calves experimentally challenged with bovine rotavirus. *Vet Immunol Immunopathol* 136, 12–27. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2010.01.003>
- Rosadiuk, J. P., Bruinje, T. C., Moslemipur, F., Fischer-Tlustos, A. J., Renaud, D. L., Ambrose, D. J., Steele, M. A., 2020. Differing planes of pre- and postweaning phase nutrition in Holstein

- heifers: I. Effects on feed intake, growth efficiency, and metabolic and development indicators. *J Dairy Sci.* <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18809>
- Rosenberger, K., Costa, J. H. C., Neave, H. W., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M., 2017. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *J Dairy Sci* 100, 504–512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11195>
- Schaff, C. T., Gruse, J., Maciej, J., Mielenz, M., Wirthgen, E., Hoeflich, A., Schmicke, M., Pfuhl, R., Jawor, P., Stefaniak, T., Hammon, H. M., 2016. Effects of Feeding Milk Replacer Ad Libitum or in Restricted Amounts for the First Five Weeks of Life on the Growth, Metabolic Adaptation, and Immune Status of Newborn Calves. *PLoS. One* 11, e0168974 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168974>
- Schaff, C. T., Gruse, J., Maciej, J., Pfuhl, R., Zitnan, R., Rajskey, M., Hammon, H. M., 2018. Effects of feeding unlimited amounts of milk replacer for the first 5 weeks of age on rumen and small intestinal growth and development in dairy calves. *J Dairy Sci* 101, 10. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13247>
- Soberon, F., Van Amburgh, M. E., 2013. Lactation Biology Symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: a meta-analysis of current data. *J. Anim Sci* 91, 706–712. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5834>
- Soberon, F., Van Amburgh, M.E., 2017. Effects of preweaning nutrient intake in the developing mammary parenchymal tissue. *J Dairy Sci* 100, 4996–5004. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11826>
- Steele, M. A., Doelman, J. H., Leal, L. N., Soberon, F., Carson, M., Metcalf, J. A., 2017. Abrupt weaning reduces postweaning growth and is associated with alterations in gastrointestinal markers of development in dairy calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning period. *J. Dairy Sci* 100, 5390–5399. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12310>
- Tautenhahn, A., Merle, R., Muller, K. E., 2020. Factors associated with calf mortality and poor growth of dairy heifer calves in northeast Germany. *Prev Vet Med* 184, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105154>
- Terosky, T. L., Heinrichs, A. J., Wilson, L. L., 1997. A comparison of milk protein sources in diets of calves up to eight weeks of age. *J. Dairy Sci* 80, 2977–2983. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76264-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76264-7)
- Zwierzchowski, G., Micinski, J., Wojcik, R., Nowakowski, J., 2020. Colostrum-supplemented transition milk positively affects serum biochemical parameters, humoral immunity indicators and the growth performance of calves. *Livest Sci* 234, 103976. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103976>

A TEJELŐ TEHENEK TAKARMÁNYOZÁSÁNAK ÚJ ASPEKTUSAI, INNOVATÍV TAKARMÁNYVIZSGÁLATI MEGOLDÁSOK

Tóth Tamás¹, Bázár György², Tóthi Róbert³, Fébel Hedvig³, Haruna Yakubu Gado³

¹Széchenyi István Egyetem, Agrár- és Élelmiszerkutató Központ, ²ADEXGO Kft., ³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás hatására hazánkban is át kell értékelni a jelenlegi takarmánybázisunk összetételét (kukoricaszilázs-kukorica alapú takarmányozás), és olyan tömegtakarmány-növényeket is célszerű termesztetni (pl. új típusú/szárazságtűrő/bmr silókukorica hibridek, cirokfélék, silókukorica-cirok keverékek, korai betakarítású gabonafélék, olaszperjék, gabona-gabona, gabona-pillangós, gabona-fűkeverékek stb.) melyeket vagy a nyári időszak előtt be lehet takarítani, vagy jobban bírják a szárazabb, melegebb időjárási körülményeket. Egy átfogó kutatás keretében 2017-2021 között több, hazai körülmények között is termesztett gabona- ill. gabona-fűkeverék-szilázs szárazanyag- és táplálóanyag-tartalmának bendőbeli (in sacco) lebonthatóságát és emészthetőségét értékeltük. Megállapítottuk, hogy az egyes gabona- ill. gabona-olaszperje szilázsok között a szárazanyag- és a táplálóanyag-tartalom lebomlás tekintetében jelentős (szignifikáns) eltérések lehetnek. Az anyagcsere ketrechen elvégzett emészthetőségi vizsgálatban a fontosabb táplálóanyagok (nyersfehérje-, nyerssír-, nyersrost-, N-mentes kivonható anyag-, neutrális detergens rost- és savdetergens rosttartalom) emészthetősége 69,8-75,1% között volt, melyek a hagyományos tömegtakarmányokhoz (pl. kukoricaszilázs, lucernaszenázs) viszonyítva jó értéknek tekinthető.

Áttekintésünkben röviden érintjük a tejelő tehéntartás környezetterhelésre gyakorolt hatását. A jelenlegi kutatási eredmények alapján úgy tűnik, hogy a precíziós állattartás (PLF) és takarmányozás, kiegészítve a racionális földhasználattal (precíziós növénytermesztés) ill. a korszerű trágyakezelési stratégiákkal jelenthetik a megoldást ebben a kérdésben.

A műszaki-technológiai fejlődésnek köszönhetően ma már a tejelő szarvasmarha telepeken nemcsak a fejés, hanem a takarmányozás teljes automatizálása is megoldható ún. keverő-kiosztó robotokkal (pl. szenzorokkal vezérelve), melyre vonatkozóan még kevés számú hazai eredmény áll rendelkezésre. A külföldi vizsgálatok adatai szerint a napi takarmányadag kiosztás gyakoriságának növelése (pl. 6-ról 11-re) zavarja az állatok megszokott napi rutinját, így negatív hatással van az állatjóléti és termelési paraméterekre egyaránt. Automata takarmányozási rendszerek esetén az etetett tartósított tömegtakarmányok, teljes és részleges takarmánykeverékek (TMR, PMR) minőségét folyamatosan vizsgálni kell, és a silózási adalékanyagok (pl. tejsavtermelő baktérium kultúrák, szelektív mikrobagátló anyagok, biológiai tartósítószer stb.) használata különösen indokolt lehet.

A takarmánykiosztás automatizálása mellett fontos információt jelent a takarmányfelvétel egyed szinten történő nyomonkövetése is, melyre vonatkozóan számos új technológiai megoldás rendelkezésre áll. A gyakorlat számára a takarmányozás hatékonyságának fokozására megoldást jelenthet az ún. precíziós takarmánykorlátozás is, mely kellő körülmények esetén javítja a takarmányhasznosítást a termelési eredmények romlása nélkül, és egyben mérsékelhető a tejelő tehéntartás metánkibocsátása.

Egyik oldalról az automatizált takarmányozási megoldások, másrészt a klimatikus viszonyok megváltozása miatt tapasztalható változó összetételű és minőségű alapanyagok szükségessé teszik olyan vizsgálati módszertanok alkalmazását, amelyekkel a takarmányalapanyagok és a kiosztásra kerülő adagok beltartalmi mutatói gyorsan, telepi körülmények között mérhetőek. A szaktanácsadók és telepi dolgozók által használható kézi eszközök mellett növekvő igény mutatkozik a különböző eszközökbe szerelt mérőberendezések alkalmazása iránt, melyek a telepírányítási informatikai rendszerbe integrálva folyamatosan képesek adatot szolgáltatni a felhasznált anyagok összetételét illetően, segítve ezzel a receptúra pontos betartását.

Az utóbbi évek technológiai fejlődésének köszönhetően a gyorsvizsgálati módszerek mérési pontossága jelentősen javult, ezzel az agrár-élelmiszeripari ágazatban is megnyílt a lehetőség az idő- és munkaigényesebb hagyományos analitikai mérésekről a gyors elemzésre és monitorozásra való átállásra. A gyorsvizsgálati módszereknél a „gyorsaság” önmagában nem cél, a megnövelt sebesség mellett más kritériumokat is figyelembe kell venni, amelyek mérlegelése vezet a felhasználásra legalkalmasabb módszerek kiválasztásához.

A korrelatív gyorsvizsgálati eljárások, például a közeli-infravörös (NIR) spektroszkópia és műszeres aromaelemzés (e-orr), kiválóan alkalmasak folyamatok nyomon követésére és gyors döntések kialakítására, főként olyan esetekben, amikor a gyorsvizsgálat alapján megbízhatóan, minimális hibával becsülhető tulajdonság laboratóriumi mérése napokig is eltarthat. Az említett gyorsvizsgálati módszertanok esetében egy mérés több tulajdonságról információt szolgáltat, és akár nem célzott elemzések (komplex minőségellenőrzés) is elvégezhetők az előre nem látható anomáliáinak felderítése céljából.

A különféle kialakítású NIR spektrométerekkel már számos anyag telepi vizsgálata végezhető el, legyen szó a különböző takarmány alapanyagokról, elkészített adagokról (TMR, PMR), vagy a termelt tejről, esetleg az állatok élettani paramétereit mutató egyéb állati termékekről (pl. vér, vizelet, bélsár). Az e-orr rendszerek bizonyos formái ugyan elérhetőek már hordozható kivitelben is, de a megbízható aromaelemzést biztosító technológiák még laboratóriumhoz kötöttek. Ezek használatával lehetőség van mind a takarmányok, mind az állati termékek aromájának objektív leírására, adott esetben új takarmányok állati termékek minőségére gyakorolt hatásának vizsgálatára.

A vizsgálatok tervezése során mindig figyelemmel kell lenni a technológiák korlátaira – a sokoldalúság és könnyű használhatóság például nem jelenti azt, hogy a NIR spektroszkópia minden körülmények között a legmegfelelőbb választás.

SUMMARY

As a result of climate change, the composition of the current feed base (maize silage-maize-based feeding) must also be re-evaluated in Hungary, and it is also advisable to grow forage crops (e.g. new-type/drought-tolerant/bmr silage corn hybrids, sorghums, corn-sorghum mixtures, early-harvest cereals, Italian ryegrass, grain-grain, grain-forage peas, grain-grass mixtures, etc.) which can either be harvested before the summer period, or better withstand drier, warmer weather conditions. The in sacco rumen degradability and digestibility of the dry matter and nutrient content of domestically produced cereals and cereal-grass mixture silages were evaluated within a comprehensive research between 2017-2021. It was found that there may be significant differences in terms of the degradability of dry matter and nutrient content between certain cereal or cereal-Italian ryegrass silages. In the digestibility test carried out in the metabolic cage, the digestibility coefficients of the most important nutrients (crude protein, crude fat, crude fiber, nitrogen-free extract, neutral detergent fiber and acid detergent fiber content) were between 69.8-75.1%, which can be considered good values compared to traditional feedstuffs (e.g., corn silage, alfalfa hay).

In our review, we briefly summarize the impact of dairy farming on the environment. Based on the current research results, it seems that precision livestock farming (PLF) and feeding, supplemented with rational land use (precision crop cultivation) or modern manure management strategies can be the solution to this issue.

Thanks to the technical-technological development, it is now possible to fully automate not only milking (automatic milking system, AMS) but also feeding (automatic feed system, AFS) on dairy farms with mixing-distributing robots (e.g. controlled by sensors), for which there are still few domestic results available. According to data from international studies, increasing the frequency of daily feed ration distribution (e.g. from 6 to 11) disturbs the animals' usual daily routine, thus having a negative effect on both animal welfare and production parameters. In the case of automatic feeding systems, the quality of the fed ensiled forages, total and partial mixed rations (TMR, PMR) must be constantly checked, and the use of ensiling additives (e.g. lactic acid-producing bacteria cultures, selective anti-microbial substances, biological preservatives, etc.) may be particularly justified.

In addition to the automation of feed distribution, important information is also provided by the monitoring of feed intake at the individual level, for which many new technological solutions are available. The so-called

precision feed restriction could also be useful for practice, which, with due care, improves feed utilization without deteriorating production results, and at the same time methane emissions from dairy farming can also be reduced.

On the one hand, automated feeding solutions and, on the other hand, raw materials of variable composition and quality due to climate changes make it necessary to apply testing methodologies to quickly measure the composition of feed compounds and rations to be distributed, under farm conditions. In addition to the handheld devices that can be used by consultants and farm workers, there is a growing demand for the use of measuring systems installed in various devices, which, when integrated into the farm management IT system, are able to continuously provide data on the composition of the materials used, thereby helping to accurately follow the calculated nutrients content of TMR or PMR.

Thanks to the technological development of recent years, the accuracy of rapid analytical methods has improved significantly, thus allowing the agri-food industry to switch from traditional analytical measurements, which are more time-consuming and labor-intensive, to rapid analysis and monitoring. In the case of rapid analytical methods, "rapid" is not a goal in itself; in addition to the increased speed, other criteria must also be taken into account, the consideration of which leads to the selection of the most suitable methods for use.

Correlative rapid analytical methods, such as near-infrared (NIR) spectroscopy and aroma analysis with machine sensing (e-nose), are excellent for monitoring processes and making quick decisions in cases where the laboratory measurement of a property that can be reliably estimated based on the rapid test can take days. In the case of the mentioned rapid methodologies, one measurement can provide information on several properties, and even non-targeted analyzes (complex quality control) can be performed in order to detect unforeseen anomalies.

NIR spectrometers of various designs can already be used to test many substances under farm conditions, for example different feed ingredients, prepared rations, produced milk, or other animal products reflecting the physiological parameters of animals (e.g. blood, urine, feces). Certain forms of e-nose systems are already available in portable versions, but the technologies that ensure reliable aroma analysis are still limited to laboratories. By using those, it is possible to objectively describe the aroma of both feeds and animal products, and if applicable, to examine the effect of new feeds on the quality of animal products.

During the planning of tests, the limitations of the technologies must always be taken into account - for example, versatility and ease of use do not mean that NIR spectroscopy is the best choice in all circumstances.

A korai betakarítású tömegtakarmányok növekvő szerepe

Az elmúlt években már hazánkban is érzékelhető klímaváltozás az átlaghőmérséklet növekedését, a szélsőséges hóhullámos napok gyakoribb előfordulását, a nyár szárazabbá válását, illetve a téli időszak kiszámíthatatlan csapadékellátását okozza. A silókukorica termésbiztonsága a jövőben veszélybe kerülhet, ha a várható európai és magyarországi klímaváltozás a nyári hóhullámok gyarapodásával és a jelenleginél szélsőségesebb csapadékvíz eloszlással jár. Egy közelmúltban publikált eredmény szerint (1. táblázat), amennyiben az átlaghőmérséklet +2°C-kal nő a világon, akkor a betakarított kukorica összes mennyisége 7,9-17,8%-kal csökken a négy legfontosabb kukoricatermelő országban (USA, Kína, Brazília, Argentína), míg +4 °C-os átlaghőmérséklet emelkedés esetén már kb. 19,4-46,5%-os visszaeséssel lehet számolni (Tigchelaar és mtsai, 2018; Worku, 2021a).

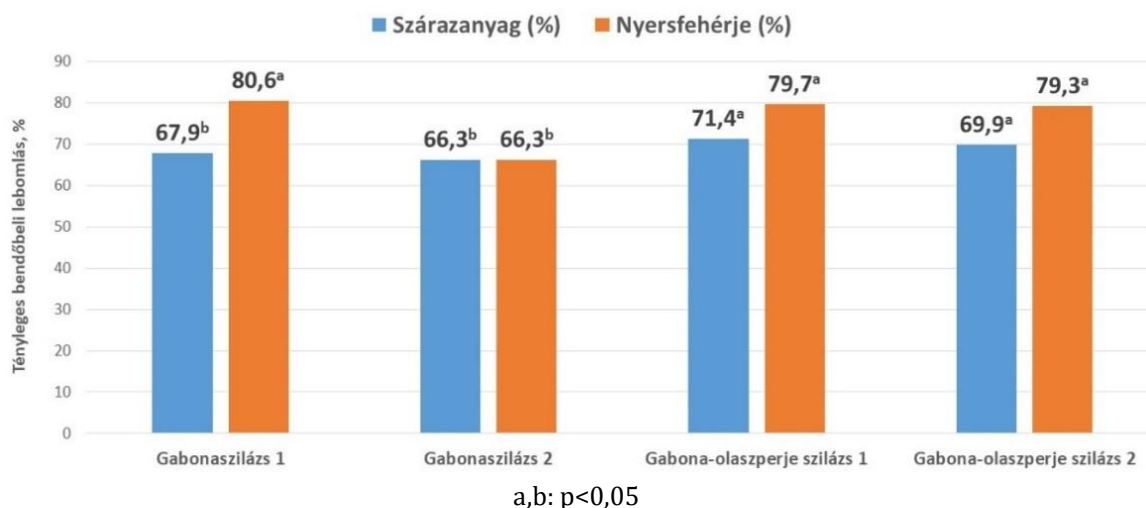
1. táblázat: A kukorica hozamának visszaesése +2°C és +4°C átlagos hőmérsékletnövekedés esetén (top 4 kukoricatermesztő ország)

Ország	+2 °C növekedés	+4 °C növekedés
USA	- 17,80%	- 46,50%
Kína	- 10,40%	- 27,40%
Brazília	- 7,90%	- 19,40%
Argentína	- 11,60%	- 28,50%

Forrás: Tigchelaar és mtsai (2018) és Worku (2021a) alapján

Az idei (2022. évi) nyárra is jellemző száraz és extrém időjárási körülmények kedveztek a bakteriális és gomba eredetű patogének megjelenésének és a mikotoxin termelésnek (főleg *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*). Ismert, hogy a magas külső hőmérséklet mellett történő takarmánytartósítás (silózás) esetén csökken a szilázsokban és szenázsokban a tejsav koncentráció, romlik az anaerob stabilitás ill. a pH, és jelentős szárazanyag-veszteséggel is számolni kell. Mindezekből következően a tartósított takarmányok kémiai összetételét, pH-ját, illózsírsav- és tejsav-, továbbá mikotoxin-tartalmát fokozottan ellenőrizni kell. Hosszabb távon pedig, ahogy az elmúlt években számos hazai kutatás is kiemelte (pl. Lehel és mtsai, 2011; Orosz és mtsai, 2018a,b, 2019; Worku és mtsai, 2019a,b, 2020, 2021a,b,c), olyan tömegtakarmány-növényeket is célszerű termesztetni (új típusú/szárazságtűrő/bmr silókukorica hibridek, cirokfélék, silókukorica-cirok keverékek, korai betakarítású gabonafélék, olaszperjék, gabona-gabona, gabona-pillangós, gabona-fűkeverékek stb.) melyeket vagy a nyári időszak előtt be lehet takarítani, vagy jobban bírják a szárazabb, melegebb időjárási körülményeket.

Tekintettel arra, hogy a kukoricaszilázs részleges helyettesítésére alkalmas tömegtakarmányok egy részénél (pl. gabonakeverék szilázsok, olaszperje-gabonakeverék szilázsok) a szakirodalmi adatok eléggé hiányosak a táplálóanyagok bendőbeli lebonthatóságára és azok emészthetőségére vonatkozóan, ezért egy átfogó kutatás keretében 2017-2021 között több, hazai körülmények között is termesztett gabona- és gabona-fűkeveréknél elvégeztük az említett vizsgálatokat (Worku és mtsai, 2019a,b, 2020, 2021a,b). Az 1. ábrán foglaltuk össze a vizsgált gabona- és gabona-olaszperje szilázsok szárazanyag- és nyersfehérjetartalmának bendőbeli lebonthatóságát.



Megjegyzés: Gabonaszilázs 1: 40% tritikálé + 30% zab + 20% árpa + 10% búza; Gabonaszilázs 2: 50% tritikálé + 40% árpa + 10% búza; Gabona-olaszperje szilázs 1: 55% olaszperje + 45% zab; Gabona-olaszperje szilázs 2: 40% olaszperje + 30% zab + 15% tritikálé + 10% árpa + 5% búza

1. ábra: A gabonaszilázsok ill. gabona-olaszperje szilázsok szárazanyag- és nyersfehérje-tartalmának bendőbeli lebomlása (Worku és mtsai, 2021b alapján)

A kapott adatokból látható, hogy az egyes gabona- és gabona-olaszperje szilázsok között a szárazanyag- és a táplálóanyag-tartalom lebomlás tekintetében jelentős ($p < 0,05$) eltérések lehetnek. Ennek oka, hogy a keverékekben lévő komponensek különböző bendőbeli lebomlással rendelkeznek (pl. tritikálé vs. zab). Az olaszperje szerepeltetése a keverékekben mind a szárazanyag, mind a fehérje esetén növeli a bendőbeli lebonthatóságot a csak gabonahányadot tartalmazó keverékekhez viszonyítva.

2. táblázat: Az olaszperje-gabona szilázsok nyersfehérje-, neutrális detergens rost- (NDF) és savdetergens rosttartalmának (ADF) tényleges ($k=8$) ill. potenciális bendőbeli lebonthatósága

	A-keverék	B-keverék
A nyersfehérje tényleges bendőbeli lebonthatósága, sz.a.%-ában	67,3	67,2
Az NDF potenciális bendőbeli lebonthatósága, sz.a.%-ában	80,2	94,3
Az ADF potenciális bendőbeli lebonthatósága, sz.a.%-ában	85,2	87,3

NDF=neutrális detergens rost; ADF=savdetergens rost

¹A-keverék: 40% olaszperje+20% tritikálé+20% zab+15% búza+5% árpa

²B-keverék: 55% olaszperje+45% zab

Az olaszperje-gabona keverékek (A-keverék: 40% olaszperje+20% tritikálé+20% zab+15% búza+5% árpa; B-keverék: 55% olaszperje+45% zab) esetén értékeltük az egyes rostfrakciók potenciális bendőbeli lebomlását is (Worku és mtsai, 2021c). Az erre vonatkozó adatokat a 2. táblázatban foglaltuk össze. Adataink igazolták, hogy a megfelelő vegetációs időben (olaszperje kalászhányása előtt) betakarított olaszperje-gabona keverékszilázs NDF- és ADF-tartalmának bendőbeli lebomlása kimagaslóan jónak tekinthető.

Az olaszperje-tritikálé-zab-búza-árpa keverékszilázsok fontosabb táplálóanyag-tartalmának emészthetőségét a MATE Takarmányozás-élettani Kutatócsoport munkatársai segítségével vizsgáltuk. A mért emészthetőségi értékek a 3. táblázatban találhatóak meg.

3. táblázat: Az olaszperje-tritikálé-zab-búza-árpa szilázs1 fontosabb táplálóanyagainak látszólagos emészthetősége (%)

Táplálóanyag	Látszólagos emészthetőség (%)	szórás
Szárazanyag	67,9	±1,48
Szerves anyag	72,1	±1,12
Nyersfehérje	73,4	±1,42
Nyerszsír	70,5	±3,03
Nyersrost	75,1	±2,31
N-mentes kivonható anyag	69,8	±1,21
Neutrális detergens rost, NDF	70,9	±2,39
Savdetergens rost, ADF	70,8	±2,17

¹40% olaszperje+20% tritikálé+20% zab+15% búza+5% árpa

Az anyagcsere vizsgálatban a fontosabb táplálóanyagok (nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, N-mentes kivonható anyag-, neutrális detergens rost- és savdetergens rosttartalom) emészthetősége 69,8-75,1% között volt, mely jó értéknek tekinthető (Worku és mtsai, 2020).

Az in sacco és az ürökkel végzett emészthetőségi vizsgálatok adataiból az NRC (2001) energiaszámítási módszerével meghatároztuk az olaszperje-tritikálé-zab-búza-árpa keverékszilázs parciális nettó energiatartalmát (NE_m , NE_g , NE_i). Az azonos energiaszámítással közölt erjesztett tömegtakarmányok nettó energiaértékeit a 4. táblázatban foglaltuk össze (Worku és mtsai, 2020).

4. táblázat: Az olaszperje-gabonaszilázsok vizsgált parciális nettó energiatartalma néhány fontosabb tartósított tömegtakarmányhoz viszonyítva (NRC, 2001 táblázati adatai)

Megnevezés	NE_m	NE_g	NE_i
<i>Olaszperje-gabonaszilázs (kalászhányás előtt)¹</i>	5,74	3,32	5,37
Kukoricaszilázs (32-38% sz.a.)	6,57	4,06	6,07
Rozsszilázs (kalászhányásban)	5,73	3,30	5,36
Lucernaszilázs	5,39	3,01	5,02
Zabszilázs (szemérés fázisában)	5,15	2,76	4,81
Olaszperje szilázs (kalászhányásban)	4,98	2,64	4,69

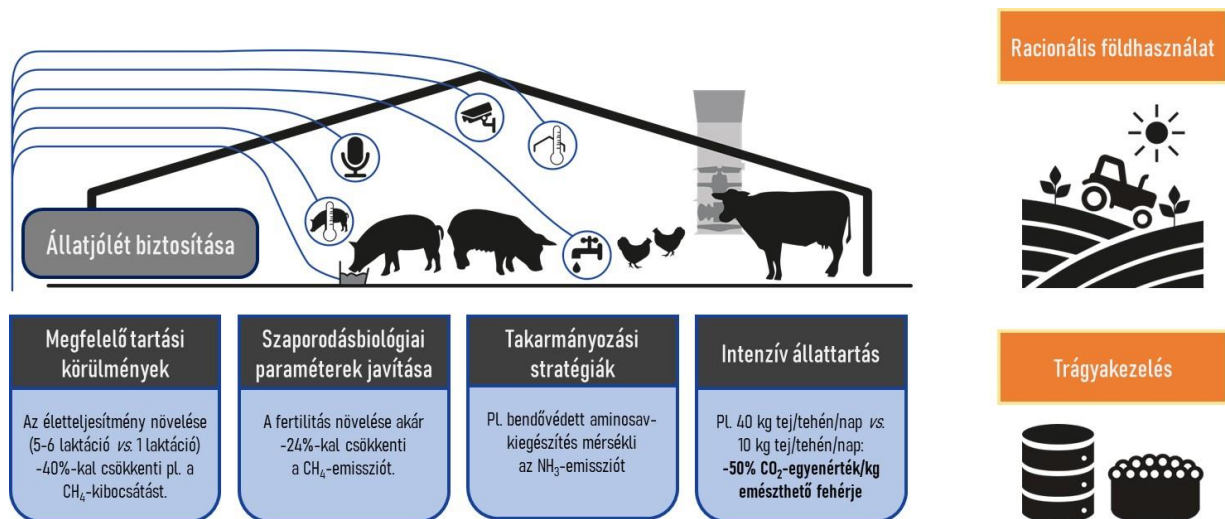
¹40% olaszperje+20% két tritikálé fajta+20% két őszi zabfajta+15% őszi búza+5% őszi árpa

Megjegyzés: NE_m =életfenntartási nettó energia; NE_g =súlygyarapodási nettó energia; NE_i = tejtermelési nettó energia

A megfelelő fenológiai fázisban betakarított és tartósított olaszperje-gabona szilázs nettó energiatartalma kedvezőbb, mind a gabonaszilázsoké (pl. tritikálé-, búza-, árpaszilázs) ill. az olaszperje szilázsoké. Külön előnynek tekinthető, hogy a hazai tejelő tehén takarmányozás gyakorlatában széles körben elterjedt rozsszilázsok nettó energiatartalmát elérte az olaszperje-gabonaszilázs értéke.

Precíziós állattartás: kulcs a környezeti terhelés csökkentésében

Irodalmi adatok szerint egységnyi termékre vonatkoztatva az intenzív állattenyésztés mérsékli a károsanyag-kibocsátást az extenzív állattartáshoz viszonyítva (Tullo és mtsai, 2018). Gerber és mtsai (2013) szerint intenzív körülmények között minden gazdasági haszonállatban [bőtejelő tehén- (naponta és állatonként 40 kg tejtermelés vs. 10 kg tejtermelés), intenzív húsmarhahízalás (napi 1,5 kg súlygyarapodás vs. 1 kg súlygyarapodás alatt), sertéstartás (napi 900 g súlygyarapodás vs. 500 g súlygyarapodás), tojástermelés (90% tojástermelési intenzitás vs. 50% intenzitás)] akár 40-70%-kal is mérsékelhető a szén-dioxid-emisszió. Éppen ezért olyan megoldásokat célszerű javasolni a gyakorlat számára, amelyek képesek hatékonyan csökkenteni az állattartás környezeti hatásait a hazánkra jellemző állattenyésztési körülmények között. A jelenlegi kutatási eredmények alapján úgy tűnik, hogy a precíziós állattartás és takarmányozás, kiegészítve a racionális földhasználattal (precíziós növénytermesztés) és a korszerű trágyakezelési stratégiákkal, jelenthetik a megoldást ebben a kérdésben. Ezt foglalja össze – számos szerző kutatási eredményeire alapozva – a 2. ábra, néhány példa ismertetésével. Így pl. a szaporodásbiológiai eredmények javításával csökkenteni lehet az állattartás károsanyag-kibocsátását, mivel az alacsony fertilitás egyben nagyobb állatlétszámot igényel a termelési (pl. hús- és tejelőállítás) és szaporodásbiológiai célok megvalósításához.



Hristov és mtsai(2013); Tullo és mtsai(2018); van Soosten és mtsai(2020)

2. ábra: Az ammónia és az üvegházhatású gázok csökkentésének komplex stratégiája (Tóth és Fébel, 2021 különböző irodalmi adatok alapján)

A takarmányozás automatizálása keverő-kiosztó robotokkal

A műszaki-technológiai fejlődésnek köszönhetően ma már a szarvasmarha telepeken a takarmányozás teljes automatizálása is megoldható ún. keverő-kiosztó robotokkal (pl. GPS vevővel, szenzorokkal vezérelve), amelyek kötött pályán haladva, előre programozott gyakorisággal egyenletesen osztják ki az általuk elkészített homogén keveréket (teljes takarmánykeverék - TMR vagy részleges takarmánykeverék - PMR) a tehének elé. Az automata takarmánykeverő-kiosztó robotok az állománylétszámtól (<50 tehén; 50-500

tehen; >500-1000 tehen) és az üzemmérettől (kis-, közepes- és nagyüzem) függően különböző műszaki kivitelben és teljesítményben megtalálhatóak a gyártó és forgalmazó cégek palettáján (Húth és Tóth, 2021).

A takarmánykeverő-kiosztó robotok gyakorlatban előforduló leggyakoribb megoldásai a következők (Hajdú, 2014 alapján):

- autonóm akkumulátor meghajtású kiosztó robot,
- kötöttpályás takarmány kiosztó robotok,
- takarmánykiosztó robottal vagy szalaggal üzemelő automata takarmányozási rendszerek,
- műholdvezérlésű autonóm takarmány-keverő kiosztó kocsi.



3. ábra: Felsőpályás takarmánykiosztó robot (Forrás: Húth és Tóth, 2021; Digitális Agrárakadémia)

A takarmányozási menedzsment a tejlő tehenészetek termelési eredménye és gazdaságossági mutatói szempontjából alapvető jelentőséggel bír. Habár a magyarországi tehenészetekben az automata takarmánykeverő-kiosztó robotok széleskörben még nem terjedtek el, fontos felhívni a hazai szakemberek figyelmét, hogy az ilyen típusú rendszerek esetén is fokozottan ügyelni kell arra, hogy naponta hányszor kerül takarmányadag a tejlő tehenek elé. Egy vizsgálatban Mattachini és mtsai (2019) fejőrobot és automata takarmányozási rendszerrel értékelték a naponta 11, illetve 6 alkalommal történő takarmányadag kiosztás hatását az állatok viselkedésére és termelési eredményeire (5. táblázat). A szerzők megállapították, hogy a napi takarmányadag kiosztás gyakoriságának növelése jelentősen csökkentette az etetés előtti pihenési időt ill. a fejések időtartamát, miközben a tejtermelési paraméterek (pl. nap átlagos tejtermelés) romlottak. A takarmányadag kiosztás gyakoriságának növelése, mivel zavarja az állatok megszokott, napi rutinját, negatív hatással van az állatjóléti és termelési paraméterekre egyaránt. Oberschatzl-Kopp és mtsai (2016) vizsgálati eredményei szerint az automata

fejési és takarmányozási rendszereknél a napi kétszeri takarmánykiosztás kevésbé hatékony, mint a hatszor történő etetés, mivel a tejelő teheneknek megnövekedett az állással és várakozással töltött ideje, ami negatív hatással volt a fejési idő hosszára és az állatok termelésére.

Az automatizált takarmánykeverő-kiosztó robotok több hazai tejelő tehenészetben hazánkban is megjelentek. Éppen ezért nagyon fontos lenne az automata takarmányozási technológia hazai elterjedésével párhuzamosan a tejelő tehenészetek figyelmét felhívni az optimális etetési gyakoriság kialakítására.

5. táblázat: A takarmányadag kiosztás gyakoriságának hatása a tejelő tehenek viselkedésére és termelésére automata takarmányozási rendszer és robotfejés mellett (Mattachini és mtsai, 2019)

Megnevezés	11× kiosztás	6× kiosztás
Fekvésre fordított idő (óra/nap)	11,4	11,8
Etetés előtti fekvési idő (perc)	28,3 ^b	31,1 ^a
Etetés utáni fekvési idő (perc)	30,9 ^a	26,9 ^b
Fejések hossza (perc)	7,7 ^b	7,9 ^a
Tejhozam (kg/nap)	31,8 ^b	32,3 ^a

a,b: min. $p < 0,05$

Az etetett tartósított tömegtakarmányok minőségét automata takarmányozási rendszerek esetén is folyamatosan vizsgálni kell, és ezeknél a takarmányozási rendszereknél a silózási adalékanyagok (pl. tejsavtermelő baktérium kultúrák, szelektív mikrobagátoló anyagok, biológiai tartósítószer stb.) használata különösen indokolt lehet.

6. táblázat: A takarmányadag (TMR) minőségének és mikrobiológiai státuszának alakulása automata etetési rendszerek esetén (Maier és mtsai, 2013)

Megnevezés	Élesztőszám (log CFU/g)		Környezeti hőmérséklet (°C)			TMR hőmérséklete (°C)	
	TMR ₀	TMR ₂₄	Átlag	Min.	Max.	TMR ₀	TMR ₂₀
Tél	1 etetés/nap	6,54	4,6	1,0	9,8	8,8	7,9
	6 etetés/nap	6,21				9,5	10,0
Nyár	1 etetés/nap	6,52	19,9	9,7	32,7	23,3	22,9
	6 etetés/nap	6,52				7,74	7,75

CFU = kolóniaképző egység

TMR = teljes takarmánykeverék

TMR₀ = közvetlenül a takarmánykeverést követően vett TMR minta

TMR_{20,24} = 20, illetve 24 órával a takarmánykeverést követően vett TMR minta

Maier és mtsainak (2013) eredményei szerint a nyári időszakban, mikor az átlaghőmérséklet meghaladja a 20°C-ot, az etetett TMR hőmérséklete, élesztőszáma az optimálisnál nagyobb lehet, ill. jelentősen csökkenhet a szilázsok és a teljes vagy részleges takarmánykeverékek aerob stabilitása (6. táblázat). Ellenben a téli időszakban (mikor az

átlaghőmérséklet 7°C alatt volt) a hatszori etetésből vett minták élesztőszáma és hőmérséklete 20-24 óráig nem mutatott lényeges növekedést a napi egyszeri etetésből származó mintákhoz viszonyítva. Erre vonatkozóan további vizsgálatokra van szükség, a hazánkra jellemző klimatikus tényezők mellett is.

A takarmánykiosztás automatizálásán túl fontos információt jelent a takarmányfelvétel egyed szinten történő nyomonkövetése, amelyre vonatkozóan a gyártók különböző megoldásokat kínálnak. A 4. ábrán bemutatott takarmánymérő eszközök segítségével étvágy szerinti (*ad libitum*) vagy korlátozott etetést is meg lehet valósítani, így a tejelő- és a húshasznosítású szarvasmarháknál egyaránt lehet alkalmazni. A MATE kaposvári Tan gazdaságában Holló és mtsai (2021) charolais bikákkal végeztek vizsgálatot és megállapították, hogy a szárazanyag-felvétel és a takarmányértékesítés között nagyon szoros kapcsolat van. Az általuk használt HOKOFARM rendszer és a vizsgálat során kapott számított takarmányozási indexek (RCI/RFI – reziduális takarmányfelvétel, vagyis a tényleges és az elvárt napi szárazanyagfelvétel különbsége) költséghatékony megoldások a teljesítményparaméterek objektív értékelésekor. Mivel az etetővályú megközelítésekor az egyed azonosítása is megtörténik, ill. a takarmány- és/vagy ivóvízfelvétel mennyisége és időtartama is rögzítésre kerül, az ilyen típusú rendszerek a tejelő tehenészetekben alkalmasak az egyedek egyéb viselkedési és állattólleti paramétereinek a nyomon követésére, éppen ezért a jövőben a precíziós állattartás (PLF) fontos eszközei lesznek.



Az RFI (takarmányvisszahagyás) mérésére szolgáló RIC (napi egyedi takarmánykeverék felvételt mérő) rendszer a MATE Kaposvári Campusán



...és a Széchenyi István Egyetemen

4. ábra: Egyedi takarmányfelvétel mérésére szolgáló rendszerek
(Forrás: Húth és Tóth, 2021; Digitális Agrárakadémia)

Ismert, hogy a takarmányozási költségek az összes költségen belül az USA-ban kb. 46%-ot, míg az EU-ban kb. 50%-ot képvisel (USDA ERS, 2019; European Commission, 2018). Az elmúlt években kb. 5-10%-os növekedést lehetett ezen értékekhez képest tapasztalni a magyarországi tehenészetekben, így megállapítható, hogy a takarmányfelvétel optimalizálása, nyomonkövetése ill. a takarmányhasznosítás javítása a gazdaságosság javításában alapvető szerepet játszik. Az ún. precíziós takarmánykorlátozásra vonatkozóan Fischer és mtsai (2020) végeztek egy komplex vizsgálatot, ahol a takarmányfelvétel precíziós csökkentésével kívánták a tejelő tehenek termelési eredményeit javítani, miközben a károsanyagkibocsátást (metán) is mérsékelni szerették. Alaphipotézisük

szerint a leghatékonyabban termelő tehenek, kevesebb takarmányt vesznek fel, mint az állomány átlaga, mégis szignifikánsan jobb termelési, vemhesülési stb. eredményeket produkálnak. A csoportátlagot lényegesen meghaladó napi takarmányfelvétel összefüggésben lehet az emészthetőség hatékonyságával, mivel növekvő szárazanyagfelvétel esetében csökken a takarmányadag táplálóanyag-tartalmának emészthetősége. Ugyanakkor a takarmányfelvétel korlátozása annak ellenére, hogy növeli a táplálóanyagok hasznosulását általában csökkenti a tejtermelést ill. a napi tejjel termelt táplálóanyag-tartalmat (Santana és mtsai, 2019). Növendék üszőknél megállapították, hogy a precíziós takarmányozás javítja a takarmányhasznosítást a termelési eredmények romlása nélkül (Pino és mtsai, 2018). Ilyen lehetőséget biztosítanak pl. az automata abrakadagolók, melyek az egyedi azonosítást követően segítik elő az etetett takarmányadag minél jobb hasznosulását.

7. táblázat: Precíziós takarmánykorlátozás/mérés hatása a metánkibocsátásra és a tehenek termelésére (Fischer és mtsai (2020))

Magnevezés	<i>ad libitum</i>		Korlátozott		Korlátozott vs. <i>ad libitum</i> , p =
	Legkevésbé hatékony	Leghatékonyabb	Legkevésbé hatékony	Leghatékonyabb	
Szárazanyag-felvétel (kg/nap)	22,7 ^a	20,1 ^b	20,0	19,3	<0,001
Tejtermelés (kg/nap)	29,9	30,4	25,3	26,8	0,21
Tejfehérje (g/kg)	33,5	32,8	32,9	32,6	0,85
Tejzsír (g/kg)	42,2	40,0	41,5	39,3	0,28
Élősúlycsökkenés (kg/nap)	0,03 ^b	0,10 ^a	0,08	0,14	0,75
Metántermelés (g/nap)	502	486	453	459	0,05

a,b: p<0,05 (legkevésbé hatékony vs. leghatékonyabb)

A korábban említett vizsgálatban (Fischer és mtsai, 2020) igazolták, hogy a precíziós takarmánykorlátozás (-1,7 kg napi szárazanyagfelvétel) mérsékelte a metánkibocsátást, miközben a tehenek tejtermelése ill. a tej táplálóanyag-tartalma nem csökkent szignifikáns mértékben az *ad libitum* takarmányozáshoz képest (7. táblázat). Ugyanakkor további vizsgálatokat kell végezni arra vonatkozóan, hogy ez a javulás a táplálóanyagok jobb bendőbeli lebomlásából (főleg nyersrost-lebomlás javulása), vagy a kedvezőbb anyagcserehatékonyságból, esetleg mindkettőből adódik-e.

Innovatív takarmányvizsgálati megoldások

Az automatizált takarmányozási megoldások szükségessé teszik olyan vizsgálati módszertanok alkalmazását, amelyekkel a takarmányalapanyagok és a kiosztásra kerülő adagok beltartalmi mutatói gyorsan, telepi körülmények között mérhetőek. A szaknácádók és telepi dolgozók által használható kézi eszközök mellett szükségessé válik a különböző eszközökbe szerelt mérőberendezések alkalmazása, melyek a telepírányítási

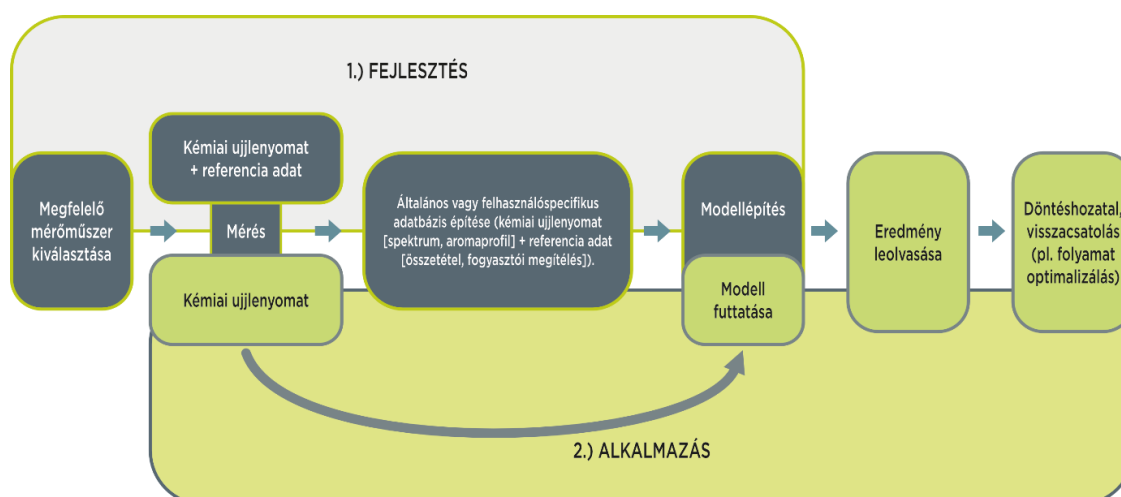
informatikai rendszerbe integrálva folyamatosan képesek adatot szolgáltatni a felhasznált anyagok összetételét illetően, segítve ezzel a receptúra pontos betartását.

Az alábbiakban bemutatásra kerülő gyorsvizsgálati módszerek az automatizálás terjedése mellett a klimatikus viszonyok megváltozása miatt tapasztalható változó összetételű és minőségű alapanyagok okán is egyre nagyobb hangsúlyt kapnak: például egy nagyon heterogén silókazalból kitarolt kukoricaszilázs vonatkozásában még fontosabbá válik azonnal megismerni az adott tétel pontos összetételét (pl. szárazanyag-, fehérje- és keményítőtartalmát), majd ahhoz igazítani a TMR vagy PMR összeállítását.

Az utóbbi évek technológiai fejlődésének köszönhetően a gyorsvizsgálati módszerek mérési pontossága jelentősen javult, ezzel az agrár-élelmiszeripari ágazatban is megnyílt a lehetőség az idő- és munkaigényesebb hagyományos analitikai mérésekről a gyors elemzésre és monitorozásra való átállásra. A „gyors” kifejezést többféleképpen használják a gyorsvizsgálatokról és azok fejlesztéséről, megítéléséről szóló vitákban. Meg kell jegyezni, hogy a „gyorsaság” önmagában nem cél. A gyors módszereknél a megnövelt sebesség mellett más kritériumokat is figyelembe kell venni, mint például a mintavétel és a minta-előkészítés, a többirányú analízis, az alacsonyabb kimutatási határok, a megbízhatóság, pontosság és érzékenység, az adatelemzés, a haszonnal arányos összköltség stb., amelyek mérlegelése vezet a felhasználásra legalkalmasabb módszerek kiválasztásához.

A korrelatív gyorsvizsgálati eljárások, például az alábbiakban tárgyalt közeli-infravörös (NIR) spektroszkópia és műszeres aromaelemzés (e-orr), kiválóan alkalmasak folyamatok nyomon követésére és gyors döntések kialakítására, főként olyan esetekben, amikor a gyorsvizsgálat alapján megbízhatóan, minimális hibával becsülhető tulajdonság laboratóriumi referencia mérése napokig is eltarthat. A hagyományos kémiai vizsgálatokkal szemben a gyorsvizsgálati módszerek általában nem igényelnek magasan képzett munkaerőt a rutinmérések során, nincs szükség reagensekre és oldószerekre, csökkentve ezzel az analízis költségét és a környezetterhelést. Egy mérés több tulajdonságról is információt szolgáltat, és akár nem célzott elemzések (komplex minőségellenőrzés) is elvégezhetők az előre nem látható anomáliáinak felderítése céljából – ez a megközelítés nem lehetséges a klasszikus analitikai módszerekben, mivel azok mindig bizonyos összetevőket céloznak meg, ahelyett, hogy egységesen mérnék fel egy minta állapotát.

Az ismeretvezérelt klasszikus kémiai analitikában kis elemszámú, jól megválasztott minta kevés tulajdonságának méréséből vonjunk le a hipotézisekre vonatkozó következtetéseket. Ezzel ellentétben, az adatvezérelt korrelatív analitikában nagy elemszámú mintát vizsgálunk, számos tulajdonságot mérve jelentős mennyiségű adatot gyűjtünk, majd a sokváltozós adatokat értékelve vonjuk le feltáró következtetéseinket. Nagy elemszámra alapozott átfogó tapasztalások alapján korrelatív megállapításokat teszünk, melyek révén új minták egyszerű és gyors mérési eredményeiből nagy értéket képviselő döntéseket tudunk meghozni (5. ábra).



5. ábra: A korrelatív gyorsvizsgálati módszerek fejlesztésének és alkalmazásának sematikus ábrája (Forrás: www.adexgo.hu)

Közeli-infravörös (nir) spektroszkópia

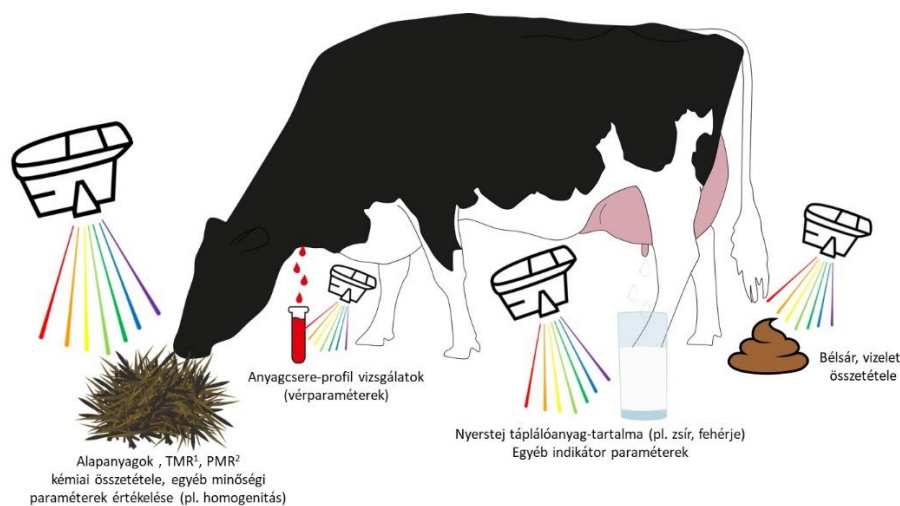
Az univerzálisan alkalmazható gyorsvizsgálatok téren a legnagyobb áttörést a közeli-infravörös (NIR) spektroszkópiára alapozott fejlesztések érték el, melyek napjainkra számos helyen teszik lehetővé nagy mennyiségű minta időszakos vagy akár folyamatos vizsgálatát.

A NIR spektroszkópia a fény és a vizsgált minta molekuláinak kölcsönhatásán alapuló mérési technika. Az infravörös fotonok a biológiai mintákban előforduló kémiai kötések egy részét gerjeszteni képesek. A gerjesztéshez szükséges energiát hordozó fényt a minta elnyeli, így a fényelnyelési tartományok elemzésével lehetőség nyílik a kémiai összetétel (pl. szárazanyag- és fehérjetartalom) jellemzésére. A módszer hatalmas előnye, hogy a kezdeti tanító adatbázis felállítását követően a tanító mintákhoz hasonló, de új, ismeretlen összetételű minták tulajdonságai már csupán a spektrumok alapján is meghatározható, illetve egy minta spektrumából a kalibrációtól függően akár több tucat összetevő értéke is megadható.

A globális piacon tapasztalható hamisítási esetek és a hosszú szállítások okán fellépő minőségromlások éppúgy előtérbe helyezték a NIR spektroszkópiát, mint a gyorsasága és magas fokú megbízhatósága, valamint az a tény, hogy a mai parányi eszközök a mezőgazdasági vagy élelmiszeripari folyamatokba bárhová beilleszthetőek. A nagyüzemi állattartás rendkívül standard takarmányminőséget vár el, melynek biztosítása érdekében ma már elengedhetetlen a NIR technika rutinszerű alkalmazása. Számos olyan terület van, ahol a NIR eszközök a gyártási folyamat vagy minőségellenőrzés alapvető elemei, és a miniatürizáció fejlődésével, pl. a MEM rendszerek technológia áttörésével (Bec és mtsai, 2020) egyre több ilyen alkalmazás fog megjelenni.

Yakubu és mtsai (2022) a jelenleg rendelkezésre álló NIR technikai háttér bemutatása mellett irodalmi összefoglalót közölnek a szarvasmarha takarmányozással és a tejtermékek előállításával kapcsolatos eredményekről. A feldolgozott irodalmi adatok alapján a különböző tartósított tömegtakarmányok vonatkozásában a nedvesség-, nyersfehérje-, nyershamu-, NDF, ADF- és keményítőtartalomra a gyakorlati körülmények között is használható NIR kalibrációk érthetőek el, azonban a fermentációs termékek

mennyisége, valamint az emészthetőségi és energiahasznosulási mutatók becslhetősége szerény. Szerzők azon tanulmányok alapján, ahol a laboratóriumi NIR spektrométereket vetették össze telepi körülmények között is használható spektrométerekkel, megállapították, hogy utóbbiakat is megbízható eredményeket szolgáltatnak a fent említett paraméterek vonatkozásában. Turza és mtsai (2002) tejelő tehenek bendőtartalmát vizsgálták, speciális, beültetett transzmissziós vizsgálófejjel ellátott optikai egységgel felszerelt érzékelővel. Mérési rendszerük lehetőséget teremtett az ecetsav, propionsav és az ammónia nitrogén nagy pontosságú in-vivo vizsgálatára. Újszerű, előkészítést nem igénylő vizsgálati eljárást dolgoztak ki Turza és mtsai (2006) az élettani státusz jellemzése érdekében, amennyiben szérum összfehérje-, összkoleszterin- és glükóztartalmat becsültek tehenek alvadásgátolt teljes vérében úgy, hogy a spektroszkópiás mérések mintatartójául közvetlenül a vércsőveket használták. Evangelista és mtsai (2021) összefoglalót közölnek a NIR technika tejelő tehenészetek telepi menedzsmentjében történő felhasználására vonatkozóan. A fontosabb alkalmazási területeket a 6. ábrán foglaljuk össze.



6. ábra: NIR-eszközök fontosabb alkalmazási területei a tejelő tehenészetekben (¹total mixed ration, teljes értékű takarmánykeverék; ²partial mixed ration, részleges takarmánykeverék)

A heterogén kémiai összetételű és fizikai szerkezetű minták (mint pl. a TMR és a PMR is) vizsgálata azonban jelentős kihívást jelent mind online, mind offline vizsgálatok esetében. A gyakorlati szakemberek számára alkalmas vizsgálóberendezések fejlesztése mellett elengedhetetlen a mérést végző személyek alapszintű képzése. A forgalmazók által kínált, hatalmas adatbázisokra épülő kalibrációk szintén számos helyzetben kínálnak kézenfekvő megoldást, ugyanakkor előnyös vagy szükséges lehet speciális, egy adott termékkörre jellemző, saját kalibrációk fejlesztése, amely kifejezetten komoly szakmai ismeretet és rutint feltételez. A kalibrációs modelleket sokszor befolyásolja negatívan egy kevésbé elemzett faktor, a referencia adat minősége. A referencia adatok gyenge megbízhatósága és pontossága jelentős mértékben ronthatja a NIR spektroszkópiás analízis eredményét.

A mennyiségi kalibrációkkal kapcsolatban gyakran felmerülő kérdés, hogy koncentrációt illetően mi a NIR technika alsó határa. Erre nehéz konkrét választ adni, mivel egy

adott összetevő mennyiségének NIR spektrum alapján történő becslhetősége függ a vizsgált paraméter kémiai szerkezetétől, az ebből adódó NIR elnyelés mértékétől, a mintában jelen levő egyéb összetevőktől, a NIR elnyelések esetleges átfedéseitől, továbbá az alkalmazott NIR technika minőségétől, és nem utolsósorban a referencia módszer pontosságától és megbízhatóságától.

A takarmányok toxintartalmának NIR alapú vizsgálatával kapcsolatban viszonylag kevés irodalmi adat található. Növényi minták, így őrölt paprika (Kiskó, 1998; Hernandez-Hierro és mtsai, 2008), vagy kukorica (Berardo és mtsai, 2005) esetében találunk kedvező eredményeket. Sok esetben nincs biztosíték arra, hogy a vizsgálat során nem csupán a gomba fizikai jelenlétét, az ebből adódó szerkezetváltozás miatti fényszóródásváltozást sikerül kimutatni, vagy esetleg a gomba egyéb anyagcseretermékeire illesztettek kalibrációt, amely anyagcseretermékek egyébként a mikotoxintartalommal is korreláltak – a becsülő modell tehát áttételesen képes a toxintartalom meghatározására. Hasznos megközelítés a Saranwong és Kawano (2005) által alkalmazott DESIR-NIR technika, melynek során a kimosott majd szűrőn felfogott és kiszárított toxint mérik.

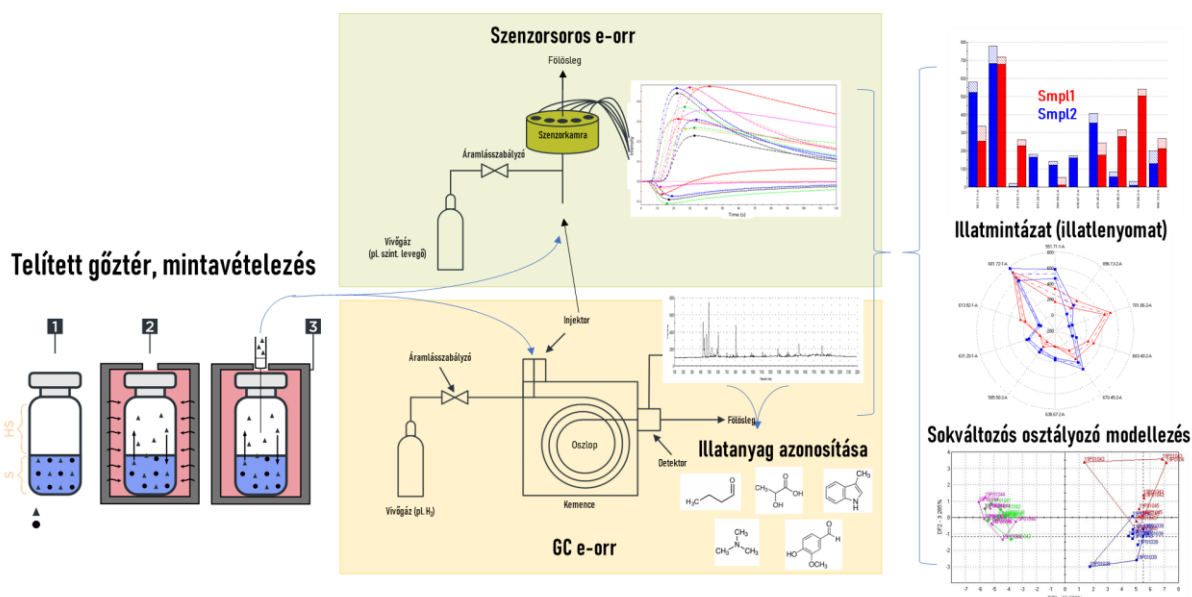
A NIR spektrométerek egy igen komplex fajtái a hiperspektrális képalkotást lehetővé tevő kamerák, melyekkel síkbeli mintázatok teljes spektroszkópiai térképe rögzíthető, amennyiben pixelenként lehetséges a spektrumok mérése. Ebben az esetben a makroszkóposan heterogén rendszerek vizsgálatára fizikai alegységek szintjén is lehetőség nyílik. A nagyszámú spektrális adatot eredményező eljárás elősegíti a mintában összességében kis koncentrációban jelenlevő, azonban annak bizonyos részein feldúsuló anyagok vizsgálatát (Bázár, 2011). Ez a megközelítés a toxintartalom meghatározása szempontjából különösen előnyös, mivel a szennyezettség jellemzően a növényi részek jól lokalizált helyein nagymértékű, így ott jelentős spektrális változást okoz, míg a teljes tételen belül az összes szennyezettség – noha a megengedett határérték feletti – spektroszkópiailag detektálhatatlan lehet. Williams és mtsai (2010) *Fusarium verticillioides* gombával fertőzött és egészséges kukoricaszemek hiperspektrális felvételeit vizsgálták. Megállapították, hogy a gyors és objektív módszer gyakorlatban is alkalmazható a penészgombával fertőzött kukoricaszemek és tételek azonosítása során.

Műszeres aromaelemzés elektronikus orr (e-orr) technológiával

A tejelő tehenészetekben felhasznált tartósított tömegtakarmányok mindennapi minősítése során a leggyakrabban alkalmazott módszer az érzékszervi bírálat. A különböző tételek összehasonlítása, egyes minőséghibák megállapítása azonban nehezített lehet a telepi körülmények között tapasztalható egyéb szaghatások mellett. Továbbá az illatanyagok alapján történő minősítés esetében is fennáll az igény az automatizálhatóság iránt, mely az objektivitás mellett azonnal elérhető digitális eredményeket feltételez. Erre a feladatra kiválóan alkalmasak a Yakubu és mtsai (2021) által közölt összefoglalóban bemutatott elektronikus orr (e-orr) technológiák. Az aromaanyagok vizsgálatával foglalkozó első tanulmányok mintegy 100 éve készültek: Zwaardemaker és Hogewind (1920) tisztított vízpermet elektromos töltöttségét vizsgálva úgy találták, hogy illékony anyagok adagolása ezen mutató változását eredményezte. Később Parsaud és

Dodd (1982) valamint Ikegami és Kaneyasu (1985) nyomán felmerült az aromaklasszifikációt végző intelligens szenzorsor, az elektromos orr ötlete.

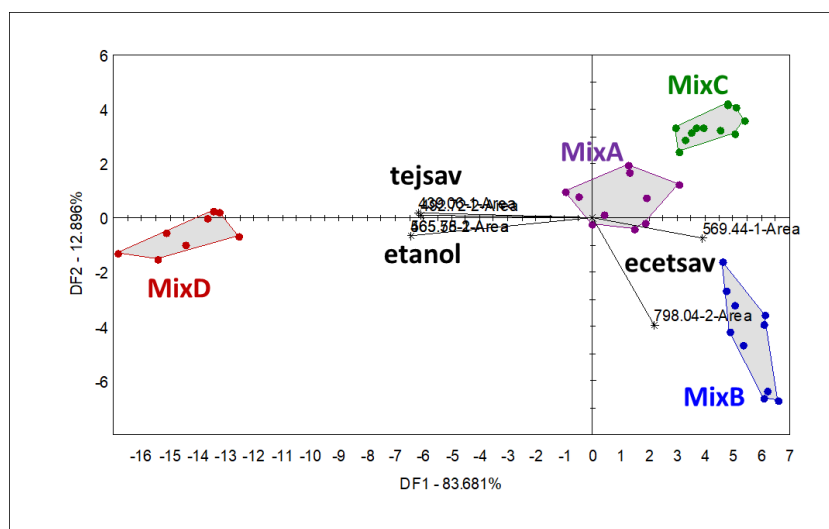
A napjainkban elérhető e-orr eszközök jellemzően gázérzékelő szenzorok, vagy az illékony komponensek szétválasztására alkalmas oszlopok érzékenységére és szelektivitására épülnek. A műszeres aromaelemzés során a különféle hardveres megoldások valamelyikének segítségével elektromos jelekké alakítjuk a szagokat, majd a jeleket sokváltozós elemzésekkel, olykor komplex tanítási algoritmusokkal elemezzük, hogy végül azok alapján a vizsgált anyagokra vonatkozó következtetéseket vonjunk le. A vizsgálatok eszköztől függően automatizálhatóak és standardizálhatóak, ami természetesen befolyásolja a mérések megbízhatóságát, ugyanakkor a gyakorlati felhasználhatóságot is. Általános, hogy a vizsgált szilárd, folyékony, vagy gáznemű mintákat zárt mintatartókban inkubáljuk, majd a kialakult telített gőztérből vett gázmintát az analízáló egységbe juttatjuk, ahol az illatkomponensek elektromos jeleket generálnak, amelyek a továbbiakban a minta illatprofiljaként értékelhetők (7. ábra).



7. ábra: A műszeres aromaelemzés folyamatának sematikus ábrázolása

Noha már kereskedelmi forgalomban is elérhetőek hordozható e-orr eszközök (Wilson és Baietto, 2009; Jia és mtsai, 2019), azok stabilitása, az eltérő eszközökkel – vagy akár az azonos eszközzel eltérő időben – mért adatok összevethetősége kihívást jelent. Ezért a telepi körülmények között végezhető műszeres illatelemzés egyelőre még távlati cél, de Worku és mtsai (2021d) munkájában bemutatott adatok biztatóak, és a terület további alapos kutatását teszik indokolttá. A tanulmány célja az őszi gabonafélék (tritikálé, zab, árpa és búza) és olaszperje (*Lolium multiflorum Lam.*) keverékei, valamint az azokból készült szilázsok mikrobiológiai, kémiai és aromavizsgálata volt. A kísérletbe vont négy kereskedelmi gabona- és gabona-olaszperje keveréket betakarítást követően fonyasztották és silózták laboratóriumi méretű silókban (n = 80), adalékanyagok nélkül: A keverék (40% tritikálé + 30% őszi zab + 20% őszi árpa + 10% őszi búza), B keverék (50% tritikálé + 40% őszi árpa + 10% őszi búza), C keverék (55% olaszperje + 45% őszi zab), D

keverék (40% olaszperje + 30% téli zab + 15% tritikálé + 10% őszi árpa + 5% őszi búza). A 90 napos erjedés végén az őszi gabonakeverék szilázsok (A és B keverék) hasonló aromájúak voltak, és ezekhez hasonló volt a C keverék is. Mind az aromaprofil leíró főkomponensanalízis (PCA) score diagramja, mind a lineáris diszkriminancia-analízis (LDA) eredménye azt mutatta, hogy a D keverék aromaprofilja különbözött leginkább a többi keverékszilázsétól. A különbséget a D keverék magas etanol- és tejsavtartalma okozta, melyet a 8. ábrán bemutatott eredmény is szemléltet, ahol az egyes keverékek mintáinak illat szerinti elkülönülése látható az elkülönülést leginkább okozó illékony összetevők feltüntetésével: egy illékony komponens súlyvektora az origóból abba az irányba mutat, amerre a komponenssel leginkább jellemezhető minták helyezkednek el. Az etil-észtereket, például az etil-3-metil-pentanoátot, a 2-metil-propanált, az etil-acetátot, az izoamil-acetátot és az etil-3-metil-tiopropanoátot a többitől eltérő mértékben mutatták ki a D keverékben. Az alacsony tejsavtartalom és a magasabb penész- és élesztőszám a C keverék szilázsában idegen szagot eredményezett, elsősorban a 3-metil-butánsav jelenléte miatt, amely egy egyszerű alkohol, kellemetlen kámforszerű szaggal.



8. ábra: Különböző keverékszilázsok aromaprofil alapján történő elkülönülése és a különbséget okozó néhány illékony komponens az erjedés 90. napján (MixA: 40% tritikálé + 30% zab + 20% árpa + 10% búza; MixB: 50% tritikálé + 40% árpa + 10% búza; MixC: 55% olaszperje + 45% zab; MixD: 40% olaszperje + 30% zab + 15% tritikálé + 10% árpa + 5% búza) (Worku és mtsai, 2021d)

Általánosságban az elektronikus orr eredményei azt mutatták, hogy az olaszperje és őszi gabonafélék keveréke (D keverék) jobb aromájú, mint a téli gabonafélék keverékei (A és B), a gabona keverékek (A és B) azonban jobb aromájúak voltak, mint a C keverék szilázs.

Jelenleg is zajló kísérleteinkben különböző minőségű szilázsok és szenázsok aromaprofilját vizsgáljuk eltérő e-orr technológiák segítségével. Eddigi eredményeink ígéretesek arra vonatkozóan, hogy az e-orrok alkalmasak legyenek az alapanyag minőségéből vagy a rossz fermentációból adódó minőségi hiba gyors jelzésére, bizonyos esetekben akár az illathibát okozó vegyület, így a minőségromlás okának meghatározására is.

E-orrall vizsgáljuk továbbá a különböző keverékszilázsok tejre gyakorolt hatását is, valamint elemezzük a különböző zsírsavforrás-kiegészítéssel (lenolaj, halolaj, algaolaj) takarmányozott tehenek által termelt tejek és tejtermékek (joghurt és sajt) kontroll takarmányhoz viszonyított aromamódosító hatását.

Összefoglalás

A tejelő tehenek takarmányozásában a tartósított tömegtakarmány-előállításakor a „töblában állás” továbbra is alapvető fontossággal bír. Az etetett teljes és részleges takarmánykeverékek (TMR, PMR) automatizált összeállítása, keverése és kiosztása, az egyedi takarmányfelvétel folyamatos értékelése illetve korrigálása, továbbá a takarmányok kémiai (pl. szárazanyag-, nyersrost- és fehérjetartalom) és egyéb paramétereinek – érzékszervi minőség, mikotoxin-tartalom stb. miniatürizált gyorsvizsgálati eszközökkel (pl. NIR, hiperspektrális kamera, e-orr) történő – meghatározása csak néhány kiragadott példa a jövőben követendő újszerű, telepi szinten is használható innovatív technológiai megoldásokra vonatkozóan.

Irodalomjegyzék

- Bázár, Gy. (2011): Közeli infravörös spektroszkópia alkalmazási lehetőségei sertéshús és húskészítmények, valamint sertésszír minősítésében. Doktori (PhD) értekezés, Kaposvári Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, pp. 187.
- Bec, K. B., Grabska, J., Siesler, H. W., Huck, C. W. (2020): Handheld near-infrared spectrometers: Where are we heading? *NIR News*, 31(3–4), 28–35.
<https://doi.org/10.1177/0960336020916815>
- Berardo, N., Pisacane, V., Battilani, P., Scandolara, A., Pietri, A., Marocco, A. (2005): Rapid detection of kernel rots and mycotoxins in maize by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agri. Food Chem.*, 53, 8128–8134. <https://doi.org/10.1021/jf0512297>
- Hernandez-Hierro, J. M., Garcia-Villanova, R. J., Gonzalez-Martin, I. (2008): Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of mycotoxins applied to naturally contaminated red paprika found in the Spanish market. *Anal. Chim. Acta*, 622, 189–194.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.05.049>
- Kiskó G. (1998): Attempts to determine mouldiness of paprika powder by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 6, A337–A342.
<https://doi.org/10.1255/jnirs.220>
- European Commission (2018): <https://agriculture.ec.europa.eu/select-language?destination=/node/1>
- Evangelista, C., Basirico, L., Bernabucci, U. (2021): An overview on the use of near infrared spectroscopy (NIRS) on farms for the management of dairy cows. *Agriculture*, 11, 296. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040296>
- Fischer, A., Edouard, N., Faverdin, P. (2020): Precision feed restriction improves feed and milk efficiencies and reduce methane emissions of less efficient lactating Holstein cows without impairing their performance. *J. Dairy Sci.* 103, 4408–4422.
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17654>

- Gerber, P. J., Henderson, B., Makkar, H. P. (2013): Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production. A Review of Technical Options for Non-CO2 Emissions. FAO. ISBN: 9789251076583
- Hajdú, J. (2014): Automatizált takarmányozási rendszerek a szarvasmarhaistállóban: http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_535/automatizalt_takarmanyozasi_rendszerek_a_szarvasmarhaistallokban_14_05.pdf
- Hernandez-Hierro, J. M., Garcia-Villanova, R. J., Gonzalez-Martin, I. (2008): Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of mycotoxins applied to naturally contaminated red paprika found in the Spanish market. *Analytica Chimica Acta*, 622, 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.05.049>
- Holló, G., Nagy-Kiszlinger H., Tossenberger, J., Török, M., Húth, B. (2021): Individual feed efficiency monitoring of Charolaise candidate young bulls in relation to feeding behavior and self-performance test Results. *Animals*, 12, 35. <https://doi.org/10.3390/ani12010035>
- Hristov, A., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., Dijkstra, J., Montes, F., Oh, J., Kebreab, E., Oosting, S.J., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P.S., Firkins, J. R. (2013): Special topics – Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options: III. A review of animal management mitigation options. *J. Anim. Sci.* 91, 5095–5113. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6585>
- Húth, B., Tóth, T. (2021): Precíziós technológiák a tejelő szarvasmarhatenyésztésben. *Digitális Agrárakadémia*. Megjelenés alatt.
- Ikegami, A., Kaneyasu, M. (1985): Olfactory detection using integrated sensors. In *Proceedings of the 3rd international conference on solid-state sensors and actuators*, New York, NY, USA, 136-139.
- Jia, W., Liang, G., Jiang, Z., Wang, J. (2019): Advances in electronic nose development and application to agricultural products. *Food Anal. Methods*, 12, 2226–2240. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01552-1>
- Lehel, L., Orosz, S., Tóthné Polner, A., Sümeghy, L., Hajda, Z., Sipiczki, B., Várhegyi, J., Fébel, H. (2011): The rye grass silage apparent digestibility, rumen protein degradability, content of metabolizable protein and net energy. *AWETH*, 7, 149 -157.
- Maier, S., Ostertag, J., Haidn, B. (2013): Forage quality and hygiene in automatic feeding systems for dairy cows. *Landtechnik*. 68, 406–410.
- Mattachini, G., Pompe, J., Finzi, A., Tullo, E., Riva, E., Provolo, G. (2019): Effects of feeding frequency on the lying behavior of dairy cows in a loose housing with automatic feeding and milking system. *Animals*, 9, 121. <https://doi.org/10.3390/ani9040121>
- National Research Council (2001): Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.
- Oberschatzl-Kopp, R., Haidn, B., Peis, R., Reiter, K., Bernhardt, H. (2016): Effects of an automatic feeding system with dynamic feed delivery times on the behaviour of dairy cows. *Proc. of CIGR-AgEng 2016 Conference*, Aarhus, Denmark. 1-8.

- Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., Kruppa, J., Iván, F., Hoffmann, R. (2019): Húshasznú tehenek, növendék- és hízó marhák hazai tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66(4), 365–382.
- Orosz, Sz., Horváthné Kovács, B., Kruppa, J., Kruppa, J. ifj., Iván, F., Hoffmann, R. (2018a): Új növénytermesztési stratégia a tömegtakarmányok termesztésében - a klímaváltozás tükrében. *Értékálló Aranykorona*, 18(1), 19–21.
- Orosz, Sz., Kruppa, J., Kruppa, Junior J., Halász, A., Szemethy, D., Hoffmann, R., Bencze, G., Futó, Z. (2018b): Comparison of whole crop triticale-pea, triticale-grass and triticale-oat blends as forage sources at six different phenological stages. In: K, Gerlach; K, -H Südekum (szerk.) *Proceedings of the XVIII International Silage Conference*. Bonn, Németország: Görres-Druckerei und Verlag GmbH (2018). 568, 470–471.
- Persaud, K.C., Dodd, G. (1982): Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose. *Nature*, 299, 352–355.
<https://doi.org/10.1038/299352a0>
- Pino, F., Mitchell, L. K., Jones, C. M., Heinrichs, A. J. (2019): Comparison of diet digestibility, rumen fermentation, rumen rate of passage, and feed efficiency in dairy heifers fed ad-libitum versus precision diets with low and high quality forages. *J. Appl. Anim. Res.*, 46, 1296–1306. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1498788>
- Santana, F. P., Rocha Júnior, V. R., Mendes Ruas, J. R., Moncao, F. P., Borges, L. A., Rigueira, J. P. S., Ramos, J. C. P., Gomes, V. M. (2019): Feed restriction of F1 Holstein × Zebu cows in the final third of lactation modifies intake, nutrient digestibility, feeding behavior, and performance. *R. Bras. Zootec.* 48. <https://doi.org/10.1590/rbz4820180130>
- Saranwong, S., Kawano, S. (2005): Rapid determination of fungicide contaminated on tomato surfaces using the DESIR-NIR: a system for ppm-order concentration. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 13, 169–175. <https://doi.org/10.1255/jnirs.470>
- Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Naylor, R. L., Deepak, R. K. (2018): [Internet]. Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks. *PNAS* published ahead of print. [cited 2018 June 11]. <https://doi.org/10.1073/pnas.1718031115>
- Tóth, T., Fébel, H. (2021): Az állattermék-előállítás környezeti terhelésének csökkentése. *AgroNapló*, 25 (8), 61–62. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2021/08/allattenyestetes/az-allatitermek-elovalitas-kornyezeti-terhelesenek-csokkentese>
- Tullo, E., Finzi, A., Guarino, M. (2019): Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment*. 650, 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>
- Turza S., Chen, J.Y., Terazawa, Y., Takusari, N., Amari, M., Kawano, S. (2002): On-line monitoring of rumen fluid in milking cows by fiber optics in transmittance mode using the longer NIR region. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 10, 111–120. <https://doi.org/10.1255/jnirs.328>
- Turza S., Kurihara, M., Kawano, S. (2006): Near infrared analysis of whole blood and plasma in blood-collecting tubes. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 14, 147–153.
<https://doi.org/10.1255/jnirs.609>
- USDA ERS (2019): <https://www.ers.usda.gov/data-products/milk-cost-of-production-estimates/>

- von Soosten, D., Meyer, U., Flachowsky, G., Danicke, S. (2020): Dairy cow health and greenhouse gas emission intensity. *Dairy*, 1, 20–29. <https://doi.org/10.3390/dairy1010003>
- Williams, P. C., Manley, M., Fox, G., Geladi, P. (2010): Indirect detection of *Fusarium verticillioides* in maize (*Zea mays* L.) kernels by NIR hyperspectral imaging. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 18, 49–58. <https://doi.org/10.1255/jnirs.858>
- Wilson, A. D., Baietto, M. (2009): Applications and advances in electronic-nose technologies. *Sensors*, 9, 5099–5148. <https://doi.org/10.3390/s90705099>
- Worku, A., Tóth, T., Orosz, Sz., Tóthi, R. (2019a): Potential forage resources as alternatives to partial or total substitution of corn silage in dairy cattle nutrition: A review. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 68(2), 109–127.
- Worku, A., Tóthi, R., Orosz, Sz., Fébel, H., Kacsala, L., Bazar, G., Tóth, T. (2019b): Nutrient content and fermentation characteristics of ensiled Italian ryegrass and winter cereal mixtures for dairy cows. *Krmiva*. 61(1). <https://doi.org/10.33128/k.61.1.6>
- Worku, A., Tóthi, R., Orosz, Sz., Fébel, H., Tossenberger, J., Húth, B., Tóth, T. (2020): Nutritive value of ensiled Italian ryegrass and winter cereal mixture. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 23. <https://doi.org/10.15414/afz.2020.23.mi-fpap.7-14>
- Worku, A. (2021a): Combination of Italian ryegrass and winter cereals provides new alternative forages in dairy nutrition. Doctoral (PhD) Dissertation. Kaposvár.
- Worku, A., Tóthi, R., Orosz, Sz., Fébel, Kacsala, L., Drew V., Tóth, T. (2021b): Novel mixtures of Italian ryegrass and winter cereals: influence of ensiling on nutritional composition, fermentation characteristics, microbial counts and ruminal degradability. *Ital. J. Anim. Sci.* 20(1). <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1924883>
- Worku, A., Tóthi, R., Orosz, Sz., Fébel, H., Kacsala, L., Húth, B., Hoffmann, R., Tóth, T. (2021c): In situ ruminal degradability and fermentation characteristics of novel mixtures of winter cereals and Italian ryegrass plus winter cereal grain silages. *Czech J. Anim. Sci.*, 66, 302–314. <https://doi.org/10.17221/12/2021-CJAS>
- Worku, A., Tóth, T., Orosz, Sz., Fébel, H., Kacsala, L., Húth, B., Hoffmann, R., Yakubu, H.G., Bazar, G., Tóthi, R. (2021d): Aroma profile, microbial and chemical quality of ensiled green forages mixtures of winter cereals and Italian ryegrass. *Agriculture*, 11, 512. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060512>
- Yakubu, H.G., Kovacs, Z., Toth, T., Bazar, G. (2021): Trends in artificial aroma sensing by means of electronic nose technologies to advance dairy production – a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1945533>
- Yakubu, H.G., Kovacs, Z., Toth, T., Bazar, G. (2022): The recent advances of near-infrared spectroscopy in dairy production – a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 62(3), 810–831. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1829540>
- Zwaardemaker, H., Hogewind, F. (1920): On spray-electricity and waterfall-electricity. In *KNAW Proceedings, Amsterdam, Netherlands*, 22.

INNOVÁCIÓK AZ ÉLELMISZER-FELDOLGOZÁSBAN

Friedrich László, Baranyai László, Jónás Gábor, Kenesei György, Surányi József,
Nguyen Duc Quang

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, 1118 Budapest,
Villányi út 29–43.

ÖSSZEFOGALALÁS

A világon egy adott ország élelmiszer-ellátása mindig is stratégiai kérdés, amelyben fontos szerepet játszik az alapanyag termelése, az élelmiszerek előállítása és logisztikája, valamint készletezése. Továbbá az utóbbi évtizedekben a fejlett társadalomban egyre nagyobb a fogyasztói igény (tápérték, egészségtudatosság, frissesség, kényelem, tartósság, hatékonyság, környezettudatosság stb.), amely a gyártókat fejlesztésekre és innovációkra kényszeríti. Ezen tevékenységeket a gyártói és logisztikai oldalról a különböző krízisekből fakadóan tovább fokozza a költség és környezetterhelés csökkentésének, és a nyereség növelésének kényszere, továbbá a természeti erőforrással való megfelelő gazdálkodás igénye. A MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézete a hullámokat meglovagolva, az ipari partnerekkel együttműködve és őket kiszolgálva mindig is élen járt az innovatív élelmiszer-feldolgozás technológiai megoldásainak fejlesztésében és adaptálásban. A Kaposvári Állattenyésztési Napok témaköreihez kapcsolódva, ebben a tanulmányban néhány modern állatiternék, főleg a húsok feldolgozási és tartósítási technológiájában elért eredményinket összegezzük. Ezen technológiák (ultrahangos marhahús érlelés, aktív ultrahangos húspácolás, nagy hidrosztatikai nyomáskezeléses húsérlelés és -pácolás, sous-vide technológia és HHP-vel való kombiált technológia, hiperspektrális technológia a húsok márványozottságának meghatározásában stb.) ipari megvalósításra kerültek, amellyel jelentősen hozzájárultak a hazai élelmiszeripar versenyképességének növeléséhez és a fogyasztói igények kielégítéséhez.

ABSTRACT

In the world, the food supply is always strategic issue in everywhere whatever country. Food supply chain consists of production of raw materials (agriculture), the production of foods and logistic chain (transportation, storage), the retails as well as stockpiling. Additionally, in the last some decades in the developed countries, the growths of consumers' claims to foods with high nutritional values, good nutrients, to health promotion, freshness, convenient products, long shelf-lives, environmental awareness etc. have compelled food sector to higher intensive research and development as well as innovations. From other production side, these aspects are put on by the pressures of reduction of production cost and emission, the increase in profit and rentability, sustainability. The MATE, Institute of Food Science and Technology with comprehensive industrial partnership network and providing high quality services have paid very high attention for research and development activities as well as for innovations and applications in food industry. In this study, focusing on the topics of Kaposvar Animal Husbandry Days, results of developments of livestock and food preservation technologies mainly of innovative, state-of-art technologies including ultrasound assisted meat aging, active ultrasound assisted meat pickling, high hydrostatic pressure (HHP) assisted meat aging and pickling, sous-vide technology, and its combination with HHP, hyper-spectral technology for qualifying marbled meat etc. were summarised. These technologies are successfully commercialized in the industrial food production and significantly contributed to the increase in competitiveness of many enterprises as well as justifying the claims of consumers.

Bevezetés

A Föld lakosságának megfelelő minőségű és mennyiségű élelmiszerrel való ellátása mindig is a figyelem középpontjába állította az élelmiszeripart. Az egyes országok élelmiszer-ellátása stratégiai kérdés, amelyben fontos szerepet játszik az élelmiszer-alapanyag termelése és az élelmiszerek hatékonyabb előállítását szolgáló fejlesztések. Ezek a fejlesztések, innovációk az utóbbi évtizedekben a nagyobb hozzáadott értéket jelentő, magasabb feldolgozottsági szinttel rendelkező élelmiszerek irányába mutatnak. Ebben kiemelt szerepe van a fogyasztói igényeknek, amelyek egyrészt a kényelmi termékek, a ready-to-kitchen, illetve a ready-to-eat élelmiszerek irányába fordultak. Másrészt a termékfejlesztések fókuszába kerültek az egészséget szolgáló, a könnyebben emészthető élelmiszerek, élelmiszer-alapanyagok alkalmazása és a kvázi funkcionális élelmiszerek kifejlesztése és gyártástechnológiájának kidolgozása. Megfigyelhető tehát a nagyfokú innováció az élelmiszeriparban, amelyet bizonyít az élelmiszeripar területén megjelenő szabadalmak, oltalmak és know-how-k száma a hazai ipari szintű élelmiszer-feldolgozás több mint 100 éve során.

Az élelmiszeripari termékek és gyártástechnológiák fejlesztése megjelenik az állati és a növényi alapanyagok feldolgozásában egyaránt. Nehéz különbséget tenni az egyik, illetve a másik terület fejlődése között, hiszen a jellemzően növényi, illetve állati eredetű élelmiszereket preferált fogyasztás megköveteli ezen ágazatok fejlődését. Ebben a különböző táplálkozási irányzatoknak kiemelt felelőssége van amellet, hogy az emberi szervezet számára limitáló esszenciális aminosavak csak állati eredetű élelmiszerekkel biztosíthatók. Látható tehát, hogy az állati eredetű élelmiszerek fejlesztése, új technológiák alkalmazása kiemelt szerepet játszik az élelmiszeripari innovációban.

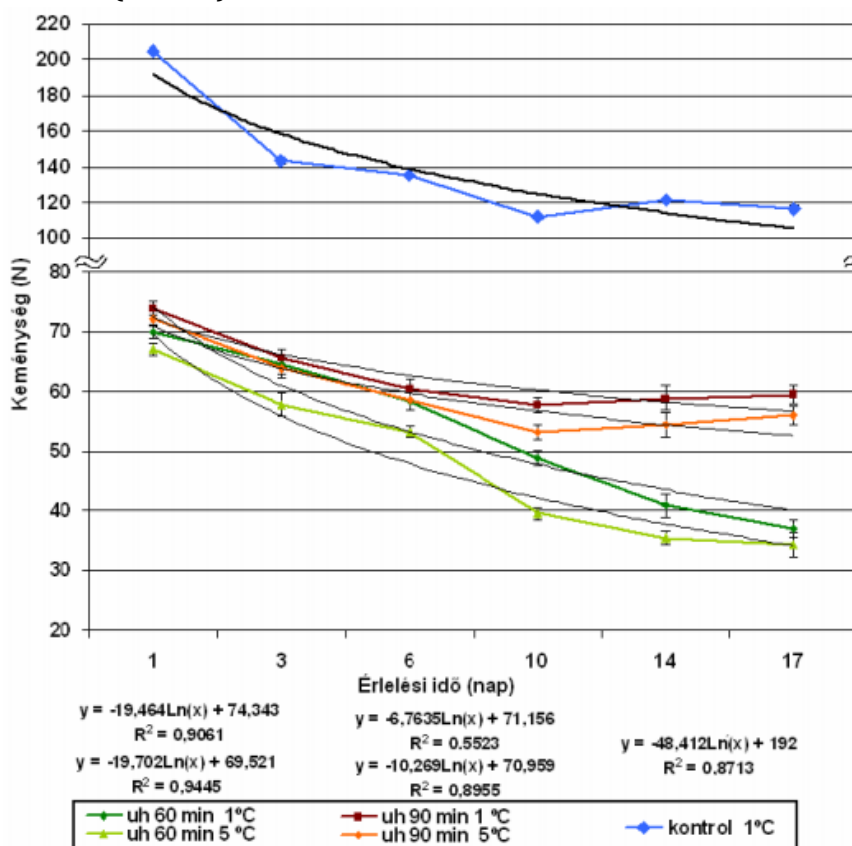
Marhahús érlelése aktív ultrahang alkalmazásával

Az innovációk középpontjában áll a hatékonyságot növelő, a technológiai időt csökkentő eljárások kidolgozása, amellyel a kereskedelmi, illetve fogyasztó igények minél gyorsabb és rugalmasabb lereagálása áll. Tehát elsődleges cél az élelmiszeripari műveleti időket csökkentő technológiák fejlesztése. Ezek között szerepel a táplálkozás-élettanilag és gazdasági tekintetben egyaránt nagy értéket képviselő marhahús érlelési technológiájának fejlesztése (Kim et al., 2019), mivel az elmúlt években egyre népszerűbbé vált a hazai piacon az érlelt marhahús. Az érlelt marhahús könnyebben harapható és rágható, porhanyósabb és ízletesebb, mint a vágás után frissen felhasznált hús. Értékesítés során az érlelés hozzáadott értéket jelent a termék árának kialakításakor. Az érlelés alkalmazása az arra alkalmas testtájakra korlátozódik. Az egyik legalkalmasabb marhahús típus a hosszú hátizom egyes részei, mint a rostélyos és a hátszín. Az érlelési technológia a vágott testek lehűtéséhez szükséges időt meghaladó több hetes hűtőtárolás, amely a proteolitikus és lipolitikus enzimhatás kiteljesedését szolgálja. Maga az érlelési folyamat szigorúan szabályozott, ellenőrzött hőmérsékletű és relatív páratartalmú hűtőtérben történik, az érlelés módjától függően. A hús érlelésére sok szabadalom született, legtöbbjük a hőmérséklet-páratartalom kombinálásán és/vagy fehérjebontó enzimek („húspuhtók”) alkalmazásán alapul (Snyder, 1970; Burke, 2010; Daso Food Co. Ltd., 2013).

Ezenkívül más technikák is ígéretesnek mutatkoznak az érlelés gyorsítására, mint pl. az aktív ultrahanggal vagy a nagy hidrosztatikus nyomással (High Hydrostatic Pressure, HHP) történő kezelés (Dashdorj et al., 2016).

Technikailag az ultrahang kétféleképpen fejt ki hatását a húszövetben: az izomsejtek integritásának megbontásával és az enzimatis reakciók elősegítésével. Amikor az ultrahang áthalad egy közegen, a közegben lévő részecskék között kompressziós és ritkulási hullámokat generál, aminek eredményeként üregek és/vagy buborékok keletkeznek. Ezek az üregek a következő ultrahangciklusok során növekednek, végül instabillá válnak, majd pillanatszerűen ható, magas lokális hőmérsékleten, nagy nyomást felszabadítva összeomlanak. A jelenséget kavitációnak nevezzük. Az összeomlás során kilövellésszerű lökéshullám (ún. „jet”) indul a szövetnedvben, ami képes átlukasztani a sejtmembránokat. Ha ez az összeomlás biológiai anyagban történik, az ultrahang mikro- és makroszinten is hatással lehet a biológiai anyagokra, szövetekre és azok tulajdonságaira.

Az ultrahang hatásának vizsgálatára marha hátszín ultrahangos kezelőtérben (20 kHz, 400W, 3W/cm²) 60 és 90 percig tartó kezelése, majd +1°C-os és +5°C-os hőmérsékleten történő érlelése történt 17 napig. Kontrollként ultrahang kezelés nélküli hátszínnek szolgáltak. A marhahús egyik legfontosabb érték mérő tulajdonsága a keménysége/puhasága, így az érlelés során az állomány változását követtük nyomon, amit az objektív keménységgel jellemeztünk (1. ábra).

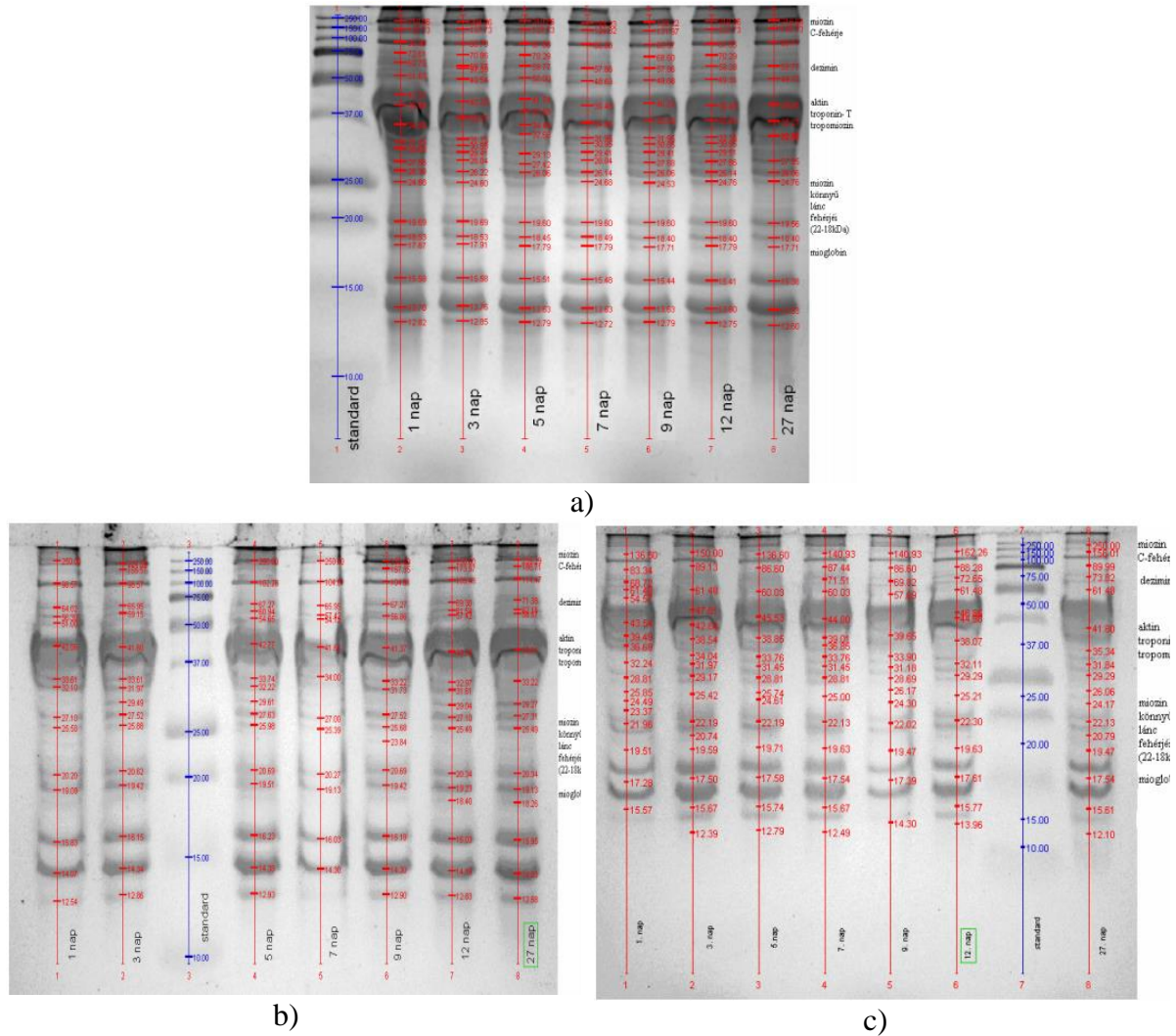


1. ábra: Ultrahanggal kezelt (20 kHz, 400 W, 3 W/cm²) marha hátszín keménységének alakulása 1°C-on és 5°C-on történő érlelés során

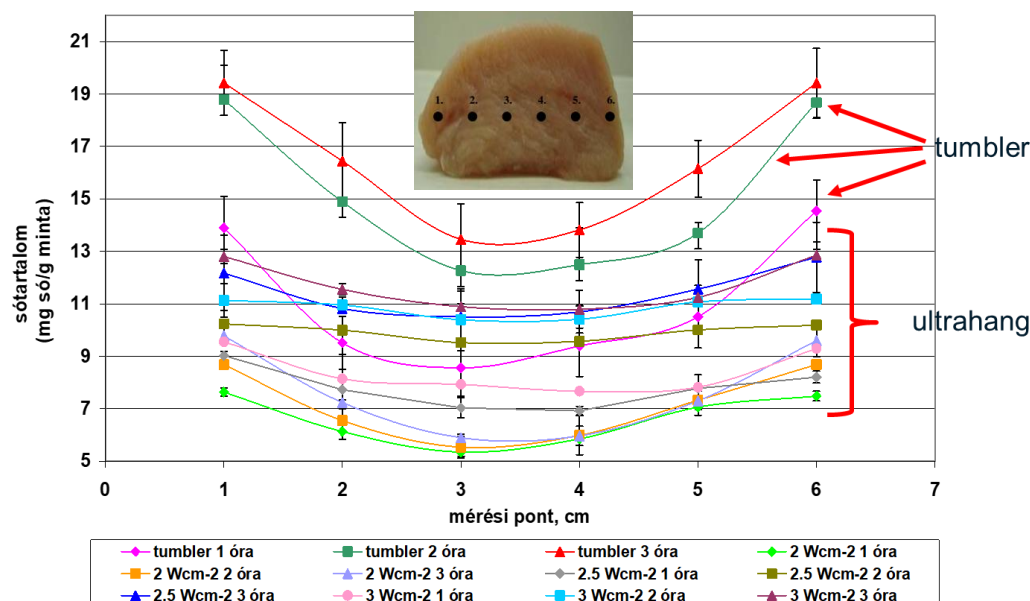
Az 1. ábrán megfigyelhető, hogy a kezelés hatására a marhahús keménysége jelentősen, az eredeti érték harmadára csökkent. Közvetlenül a kezelés után a hús keménysége kisebb lett, mint a +1°C-on 17 napig érlelt kontroll minta keménysége. Látható tehát, hogy az aktív ultrahang nagymértékben javítja a marhahús állományát. A 90 perces ultrahanggal kezelt marhahús érési dinamikája a hűtőben történő tárolás során hasonló lefutást mutat, mint a hagyományos érlelt hús esetében tapasztalható. A 60 perces ultrahangos kezelésnek kitett marhahús érési dinamikája gyorsabb a 90 perceséhez képest. A 60 perces ultrahangozott hátszínnek puhábbnak bizonyultak a 90 perces kezeltekhez képest. Utóbbi esetében a sejtmembránok már olyan mértékben sérülhettek, ami jelentősebb mértékű nedvességtartalom veszteséghöz vezetett, a fehérjék egy része denaturlódott, aggregálódott, ami a hátszín minták egyes izomrostjainak puhulását csökkentette. Megfigyelhető továbbá, hogy az 5°C-on történő érlelés még kedvezőbb hatást jelent a hús állományát illetően. A puhulást részben az ultrahang hússzövetben kifejtett közvetlen roncsoló hatásával, részben pedig az ennek eredményeként az izomsejtekből kiszabaduló katepszin-, kalpain-proteináz rendszer működésével hozzuk összefüggésbe. A 2. ábra jól szemlélteti a gyorsabban lejátszódó érési folyamatban a katepszinekaktivitásának hőmérsékletfüggését, ugyanis a hőmérséklet emelésével a katepszinek aktivitása megnő. Ezáltal a húspanban lévő aktomiozin komplex kisebb molekulatömegű fehérjékre bontható, melynek eredményeként kialakul a puha, omlós húsállomány.

Húsok pácolása aktív ultrahang alkalmazásával

A marhahús hagyományos érlelési technológiája mellett a húspan másik hosszabb technológiai időt igénylő területe a hagyományos, lassú pácolású termékek előállítása. Ezek közé tartozik a paraszt sonka, a darabolt sertéscomb és lapocka, tarja, angolszalonna, amelyek pácolásához, egyenletes eloszlású, optimális sótartalmának biztosításához több hét szükséges. Az új kéméletes technológiáknak, - mint az aktív ultrahang vagy a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés -, az izomszövetekre gyakorolt pozitív hatását alkalmazva megfigyelhető a technológiai idő csökkentése. Az ultrahang pácolási technológiában történő alkalmazása témakörében végzett kísérleteink eredményei bizonyították, hogy az ultrahang kiemelt szerepet játszik a só húspan belüli egyenletesebb eloszlásában (Visy et al., 2021a). A tumblerezéssel (a hús „ütve-forgatásával”) összehasonlítva az ultrahangozott húsok sótartalma ugyan alacsonyabb, de a húspan belüli eloszlása sokkal egyenletesebb képet mutat (3. ábra). Ennek háttérében az előzőekben már említett ultrahang kísérőjelensége, a kavitáció áll, ami az izomsejtek membránjait roncsolva a só ionjainak könnyebb és gyorsabb vándorlását teszi lehetővé a húspan belül.



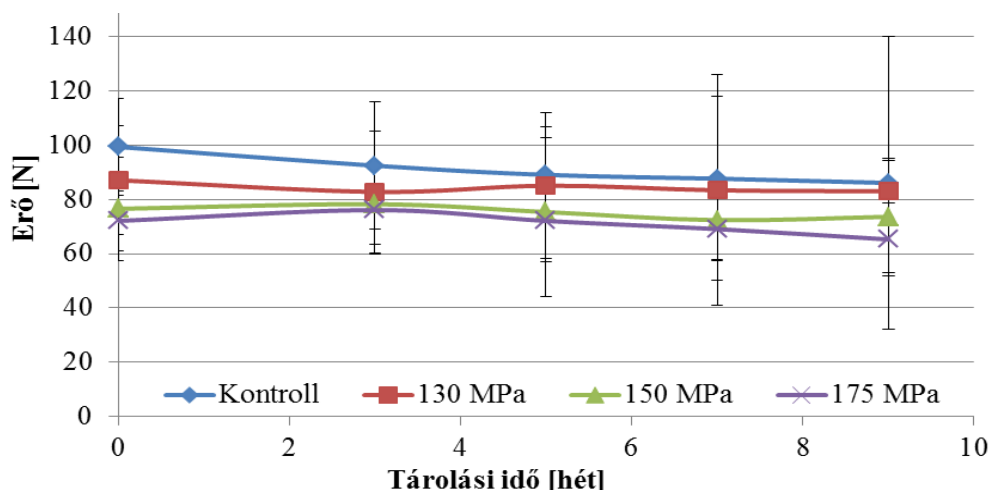
2. ábra: Ultrahanggal (20 kHz, 400 W, 3 W/cm²) kezelt marha vastag hátszín fehérjefrakcióinak elválasztási képei az érlelés során
 a) 1°C-on érlelt hátszín, ultrahang kezelés nélkül (kontroll); b) 1°C-on érlelt, 60 percig ultrahang kezelt hátszín; c) 5°C-on érlelt, 90 percig ultrahang kezelt hátszín



3. ábra: Sertéskaraj keresztmetszetében mért só tartalom tumblerezés és ultrahangos pácolás esetén

Húsok érlelése és pácolása nagy hidrosztatikus nyomás alkalmazásával

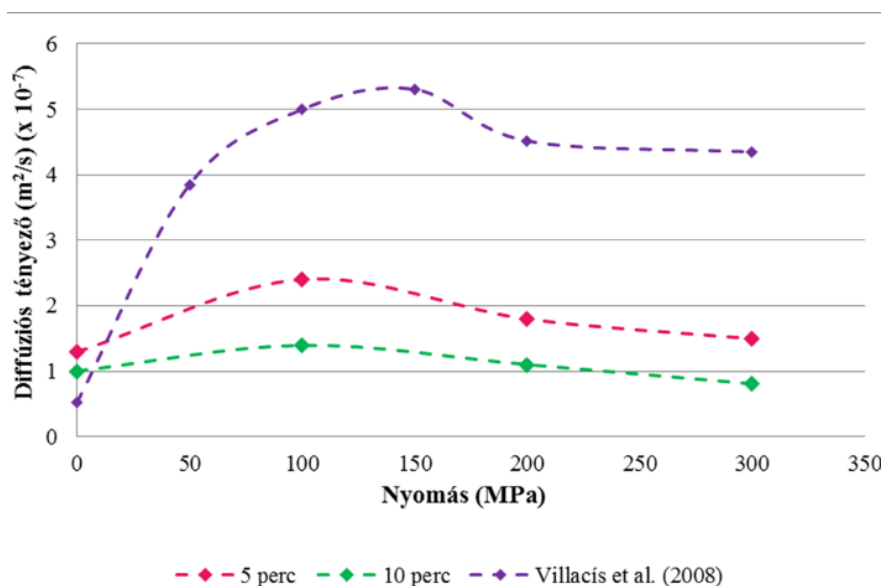
A marhahús érleléséhez és a húsok pácolásához szükséges technológiai idő csökkentésére az aktív ultrahang mellett más eljárások is alkalmazhatók a húsipari fejlesztésekben. Ezek között szerepel a 100-600 MPa nyomású nagy hidrosztatikus nyomáskezelés a marhahús érlelésének gyorsításában. A 300-600 MPa, extrém nagy nyomás, a mechanikai húsporhanyósításhoz hasonlóan puhítja a húst, de sajnos a hús színét adó mioglobin denaturációja következtében 200 MPa feletti nyomás esetén nemkívánatos színváltozással kell számolni. A vörös színezet csökken, a jellegzetes friss hússzín eltűnik, így az érlelésre az ez alatti nyomástartomány alkalmazható. A témakörben marha hátszínnel végzett kísérleteink (130 MPa, 150 MPa, 175 MPa, 30 perc, érlelés 1°C-on, 9 hétig) eredményei azt mutatják, hogy a vizsgált nyomástartományban a nyomás növelésével a hús puhábbá válik, nyomáskezelés nélküli húshoz képest (4. ábra).



4. ábra: Nyomáskezelt marha hátszín keménységének alakulása az érlelés során

Proteolitikus enzimek aktivitásának vizsgálata alapján a nyomás növekedésével növekvő enzimaktivitás mutatkozik, ami így a nyomás hatására megrepedő lizozómákból felszabaduló enzimeknek tulajdonítható. Tehát a 175 MPa nyomású 30 perces nyomáskezeléssel a több hétig érlelt marhahús állományánál is kedvezőbb puhaság érhető el.

A marhahús érleléséhez hasonlóan hozható összefüggésbe a nyomáskezelésnek a pácolás során, a sódiffúzióban mutatkozó pozitív hatása. A hagyományos pácolás diffúziós tényezője 10^{-9} - 10^{-10} m²/s nagyságrendben alakul, míg a 100 MPa nyomáskezelés esetén ez 10^{-7} nagyságrendűre gyorsul (5. ábra). Az ettől nagyobb nyomás alkalmazása azonban már hátrányosan hat a diffúzióra, a nyomásnak a fehérjékre kifejtett denaturáló hatása miatt (Visy et al., 2021b).



5. ábra: Sertéskaraj pácolása során a sódiffúziós tényezők alakulása a nyomás függvényében

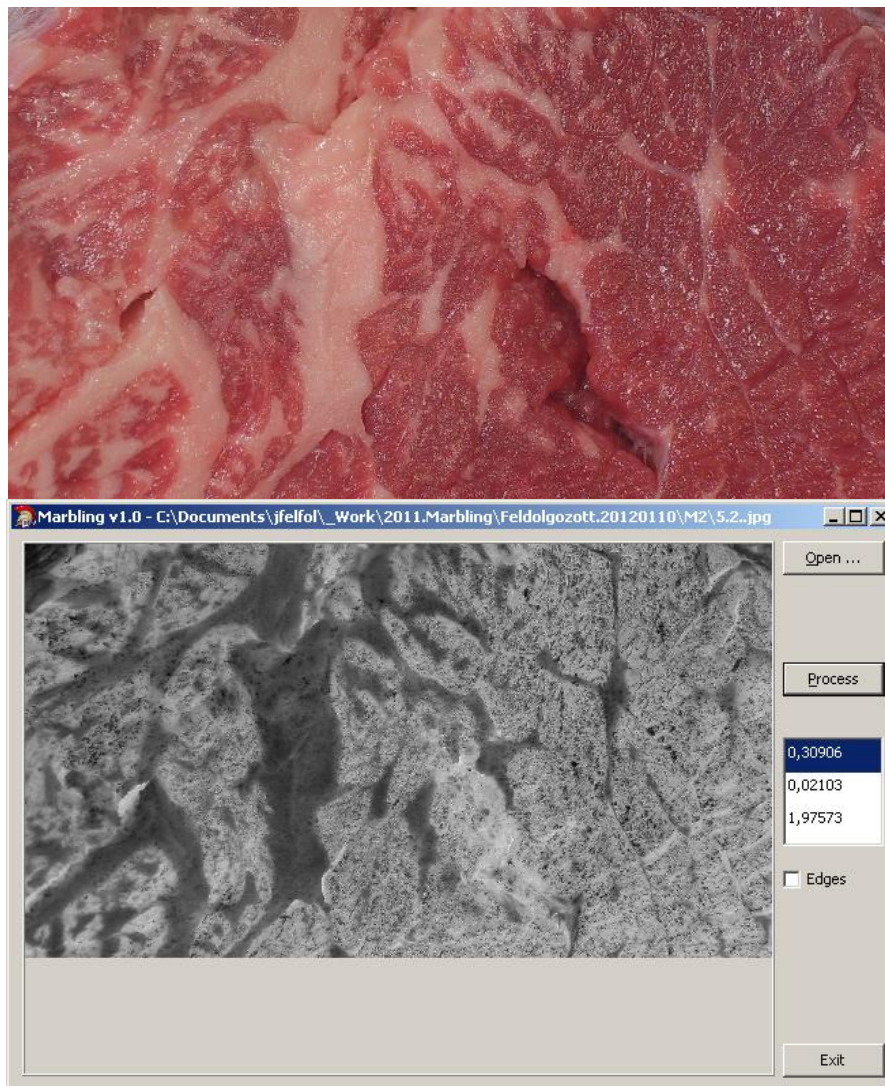
A nagy hidrosztatikus nyomáskezelésnek tehát pozitív hatása van a húsok érlelése és pácolása során, de az aktív ultrahanghoz hasonlóan ipari alkalmazástechnológiai fejlesztése folyamatban van. Széleskörű elterjedésének jelenlegi gátja elsősorban a ber-

endezés nagy beruházási költségében keresendő. Erre megoldást jelenthet pl. egy regionálisan működő, nyomáskezelési szolgáltatást nyújtó üzem létesítése, amely a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően már hazánkban is működik. Ez az üzem a húsipari igények mellett más termékek, mint pl. frissen facsart gyümölcslevek, készételek, sous-vide termékek nyomáskezelését is elvégzi, így az élelmiszerszektor egyéb területein is a magasabb feldolgozottsági szint és nagyobb hozzáadott érték mentén megvalósítja az élelmiszeripar innovációit és gazdasági fejlődését.

Húsok márványozottságának meghatározása objektív módszerrel

A termék és technológia fejlesztések mellett az alapanyagok minőségének ismerete az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonság. Az élelmiszer-alapanyag minősége meghatározza annak feldolgozhatóságát és az élelmiszertermék minőségét. A friss húsok esetében az egyes húsfajták és testtáji húsok szöveti összetétele nemcsak minőségi, hanem gazdasági tekintetben is meghatározó. Különösen érvényes ez a sültetek esetében, amelyeknél a márványozottság, vagyis az intramuszkuláris zsírszövet aránya és mennyisége a gasztronómia értékmérő tulajdonsága. Az érlelt marhahúsoknál a márványozottsági szint az árban extrém különbségeket eredményez, gondoljunk csak a kobe vagy a wagyu marhahúsra. A nemzetközi és részben a hazai friss steakhúsok osztályozása jelenleg kvázi objektív módon különböző márványozottsági szintet mutató/ábrázoló fotók alapján történik emberi beazonosítással, amely szubjektív hatással rendelkezik. Ezért olyan mérési módszer kidolgozását valósítottuk meg, amely objektív módon határozza meg a sertés és marha hosszú hátizom (longissimus dorsi) márványozottságát. A hiperspektrális mérési módszer által meghatározott objektív mérőszámok ismeretében minőségi átvétel valósítható meg a húsok nagy- és kiskereskedelmi értékesítés során.

A marha- és sertés-hús szeletek márványozottságának objektív, kvantitatív jellemzésére számítógépes látórendszer és képfeldolgozási módszer fejlesztése történik több mint egy évtized óta (Felfoldi et al., 2013). Digitális fényképekről sokváltozós statisztikai és információ-elméleti módszerek alapján algoritmusok kidolgozásával meghatározható az egyes húsok márványozottsága (6. ábra). A programban a diszkriminancia-analízis alapuló algoritmus a tanulóminták különböző zónáinak szintérbeli azonosítására és elkülönítésére, továbbá a morfológia transzformációk a szegmentálási zaj csökkentésére, és a területi és információ-elméleti tulajdonságok kinyerésére (entrópia, energia stb.), valamint a modell-illesztés sokváltozós módszerekkel (pl. PLS) a márványozottság jellemzőire.

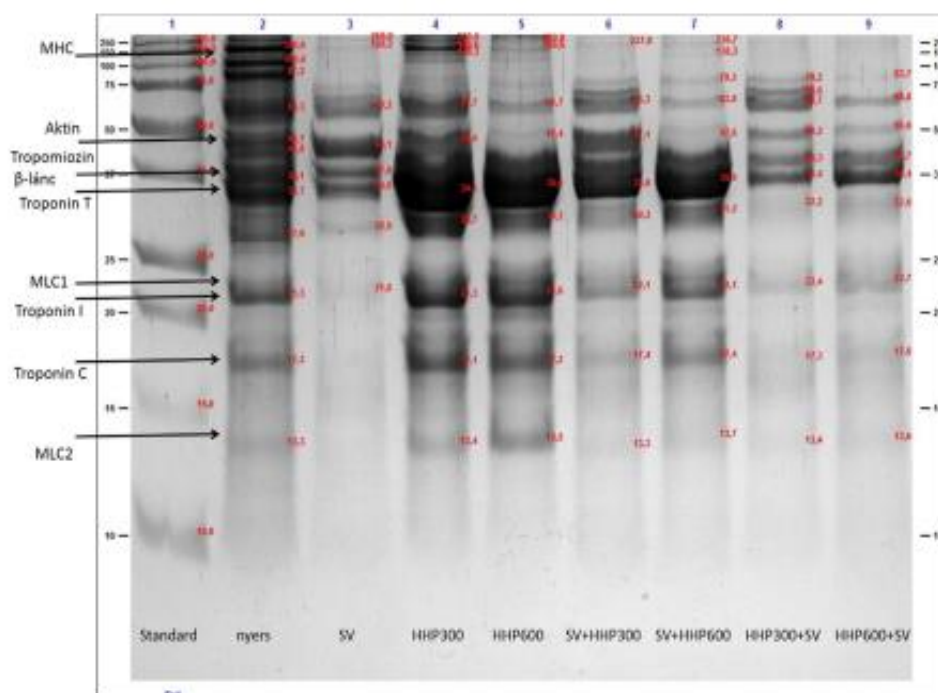


6. ábra: Marha hátszín, eredeti felvétel és feldolgozott képi információ (vizuális és numerikus)

Olyan programok kidolgozása történt a módszer megvalósítására, amely a gyakorlatban közvetlenül alkalmazható, egyszerű kezelésű, felhasználóbarát célszoftver ("Marbling v0.1"). A programcsomag paraméterezés nélkül alkalmazható a vizsgálatainkban használt tanulóminták tulajdonságaitól nem lényegesen eltérő üzemi minták feldolgozására, képi tulajdonságainak mérésére. Emellett a kifejlesztett program interaktív, tanítható általános feldolgozóprogram tesztváltozata („Marble”), amely lényegesen magasabb tudás-szinttel alkalmazható, de nagymértékben függetleníthető a felvételi körülmények és nyersanyag-alternatívák változásaitól és nagyfokú rugalmassággal illeszthető a mindenkori célfeladathoz. A látórendszerekhez hasonló roncsolásmentes mérési módszerek fejlesztése, mint a NIR, az akusztikus, az impakt módszerek és a passzív ultrahang alkalmazása számos területen alkalmazható a folyamatos alapanyag, félkész és késztermék minősítésben, mint a tojáshéj épségének vizsgálata, vagy a fűszerpaprika, méz stb. hamisításának kiszűrése, vagy a téliszalámi kérgesedésének és érési folyamatainak nyomkövetése.

Sous-vide és kombinált technológia az előkészített húsok élelmiszer-biztonsági és -minőségi fejlesztése céljából

Leistner az 1970-es évek (Leistner, 1983) végén foglalta össze először az élelmiszerek tartósításnál együttesen ható tényezőket. Azóta számos közleményben foglalkozott az élelmiszer-tartósítás azon témakörével (Abdullahi & Dandago, 2020), ahol több technológia vagy módszer együttes hatásával érik el a kívánt tartósságot és őrzik meg az alapanyag értékes komponenseit. Az alapgondolat tulajdonképpen a hadászatban jól ismert stratégia, nevezetesen a több ponton történő „támadás”, amelynek a lényege az, hogy egy-egy módszer/támadás önmagában gyenge, nem elégséges hatást ért el, de együttesen már megfelelő biztonsági szintet jelenthet.



8. ábra: Sous-vide + HHP kezelés hatása marha hátszín miofibrilláris fehérjéinek fehérjeszerkezeti változására

A sous-vide (SV) technológia régóta ismert, azonban az élelmiszer-biztonsági és az élelmiszer-minőségi szempontok optimalizálása folyamatos technológiai fejlesztést igényel. A sous-vide technológia elsőként a kényelmi és a gasztronómiában a szervezési folyamatok elősegítése céljából valósult meg. Ehhez kapcsolódott az eltarthatósági idő növelése, valamint az élelmiszer-biztonsági kockázat csökkentése, főként a catering rendszerekben. Az utóbbi években a sous-vide előkészített húsok kiskereskedelmi rendszerben való megjelenése, valamint az ipari méretű feldolgozás szükségessé tette a technológia további fejlesztését, az eltarthatóság növelését és egyben az élelmiszer-biztonsági kockázat csökkentését. Ennek egyik gyakran alkalmazott megoldása a kombinált kíméletes tartósítási technológia (pl. sous-vide kombinálva a nagy hidrosztatikus nyomáskezeléssel), amely az előkészített húsok minőségét és eltarthatóságát nagymértékben növeli. Kérdésként merült fel a sous-vide kezelés hőmérséklet-idő összefüggése mellett az alkalmazott nyomás és kezelési idő nagysága, valamint a sorrendje, SV és HHP, vagy HHP és SV.

Ennek meghatározásában a mikrobiológiai vizsgálatok mellett a hús minőségét jelentő miofibrilláris fehérjék denaturációja, vízkötő és víztartó képessége a meghatározó. Ezért olyan technológia kidolgozása történt, amellyel a húsok technofunkciós tulajdonságait nagymértékben meghatározó miozin, az aktív és kötőszöveti fehérjék denaturáltsági állapota tudatosan szabályozható (Hasani et al., 2022). Kísérleteink és ipari alkalmazásaink bizonyítják, hogy a kombinált technológia révén a sous-vide kezelés, majd a 300 MPa 5 perces nyomáskezelés biztosítja a marhahúsok esetében a fehérjeszerkezeti változást (8. ábra). Ez mutatja a polipeptid láncok felszakadását, és az ezáltal elért könnyebb emészthetőséget, kedvezőbb lédúságot és puhább állományt, akár 45 napos eltarthatóság mellett.

Következtetés és javaslatok

A hús és a húskészítmények mindig is nélkülözhetetlen szerepet töltek be az emberek táplálkozásában a táplálkozásbiológiai és élvezeti értéküket egyaránt figyelembe véve. Ezen értékek a modern és innovatív feldolgozási technológiával (ultrahangos kezelés, nagy hidrosztatikus nyomáskezelés) fokozható. Továbbá a hagyományos vagy új kíméletes technológiákkal kombinálva megvalósítható a húskészítmények gyártása ipar méretben, amelyen keresztül nemcsak hosszú ideig megőrzik a minőséget és a mikrobiológiai biztonságot, hanem magas táplálékértéket is képviselnek a termékek. Szintén fontos a prémium termékeknél (érlelt marha steak) a minőségi paraméterek objektív meghatározása (márványozottság), amely hosszabb távon garantálhatja az egyenletes minőséget, valamint a fogyasztók bizalmának is megnyerhető. A MATE ÉTTI munkatársai mindig is az ipari szereplőkkel együttműködve élen jártak az új, modern technológiák fejlesztésében és alkalmazásában az élelmiszeriparban. Ezen eljárások és innovációk sok esetben az ipari gyakorlatból származnak, de általában az Egyetem rendelkezik olyan tudással és gyakorlati potenciállal, amellyel sikeresen megvalósítható egy-egy innovációs ötlet (tervezés, tesztelés, kísérletek, laboratóriumi méret, lépték növelés, ipari optimalás, gyártmány, formulázás és csomagolás, piac kutatás stb.). Az Egyetem szerepe mindig is meghatározó marad a fejlesztésekben.

Irodalomjegyzék

- Abdullahi, N., Dandago, M. A. (2020) Hurdle technology: principles and recent applications in foods. *Indo Food Nutr Prog* 17: 1. <https://doi.org/10.22146/ifnp.52552>
- Burke, D. (2010) Meat aging process. US Patent US2010/0310736A1
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y., Hwang, I. (2016) Dry aging of beef: review. *J Anim Sci Techn* 58: 20. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- Daso Food Co. Ltd. (2013) Meat aging composition using mulberry and meat aging method using the same. *Justia Patents* 20130129906
- Felföldi, J., Baranyai, L., Firtha, F., Friedrich, L., Balla, Cs. (2013) Image processing based method for characterization of the fat/meat ratio and fat distribution of pork and beef samples. *Progr Agricul Eng Sci* 9: 27–53. <https://doi.org/10.1556/progress.9.2013.2>

- Hasani, E., Csehi, B., Darnay, L., Ladányi, M., Dalmadi, I., Kenesei, G. (2022) Effect of combination of time and temperature on quality characteristics of sous vide chicken breast. *Foods* 11: 521 DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11040521>
- Kim, M., Choe, J., Lee, H. J., Yoon, Y., Yoon, S., Jo, C. (2019) Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts. *Food Sci Anim Resour* 39: 54–64. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e3>
- Leistner, L. (1985) Hurdle technology applied to meat products of the shelf stable product and intermediate moisture food types. In: Simatos D, Multon JL (eds) *Properties of water in foods in relation to quality and stability*. Martins Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 309–329. https://doi.org/10.1007/978-94-009-5103-7_19
- Snyder, C. (1971): Method of tenderizing meat. US Patent US00163428A
- Visy, A., Jónás, G., Szakos, D., Horváth-Mezőfi, Z., Hidas, K. I., Barkó, A., Friedrich, L., (2021a) Evaluation of ultrasound and microbubbles effect on pork meat during brining process. *Ultrasonics Sonochem* 75: 105589 <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105589>
- Visy, A., Hidas, K. I., Koósz, Z., Barkó, A., Horváth-Mezőfi, Z., Nguyen, L. P. L., Friedrich, L., Jónás, G. (2021b) Az ultrahang és a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés kombinált hatásának vizsgálata a hús pácolása során. *Acta Agronomica Óváriensis* 62: 88–110.

Poster Session



Poszterszekció

THE EFFECT OF A FERMENTED HERBAL FEED SUPPLEMENT ON THE DIGESTION OF HORSES

Ádám Bartos, Nikoletta Such, Fruzsina Vanda Gál

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus, 8360 Keszthely, Deák F. u. 16.,

ABSTRACT

The main goal of recent study was to investigate the effect of a commercial available fermented herbal feed supplement on the digestion of horses and the intestinal microflora. The experiment was made with four adult horses. The product was consumed by the animals for seven days in addition to the usual oats and hay, in an amount of 200g. Sampling was made before and immediately after the treatments and 21 days later. From the fresh fecal samples the number of lactic acid and coliform bacteria was determined. At the end of the experiment, the dry matter, crude protein, crude fiber, and acid-insoluble ash (AIA) content of hay, oats and fecal samples were measured. According to our results it can be concluded that the horses participating in the experiment responded favorably to the treatments. The positive effect of the product was clearly evident for all nutrients only 21 days after the treatments. Based on our results, the lactobacillus content of the product was relatively low. Thus, we concluded that the positive effect of the product is mainly due to the beneficial effect of herbs. The favorable values for digestibility obtained in the present study suggest that the tested product had a positive effect on the bacterial processes in the large intestine and on the efficiency of fiber breakdown.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban egy kereskedelmi forgalomban kapható fermentált gyógynövényes takarmány kiegészítő lovak emésztésére és a bél mikroflórájára gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az említett készítmény kifejlesztéséhez a Georgikonon korábban végzett kísérletek eredményei is nagyban hozzájárultak. Kísérletünket négy felnőtt lóval végeztük. A vizsgálatok megkezdése előtt valamennyi lóval fűszénát, valamint nedvesített darált zabot etettünk naponta kétszer. A vizsgált terméket az állatok a szokásos zab és széna mellett hét napon át fogyasztották, 200g mennyiségben. Mintavétel a kezelések előtt, közvetlenül után és 21 nappal később történt. A friss bélsármintákból meghatároztuk a tejsav termelő és coliform baktériumok számát. Mértük a széna és a zab, valamint a bélsár minták szárazanyag, nyersfehérje, nyersrost, valamint savban nem oldódó hamu (AIA) tartalmát. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a táplálóanyagok (szárazanyag, fehérje, rost) emészthetőségét javító hatás a 21. napi mérésnél mutatkozott meg egyértelműen.

Introduction

In recent decades the role of horses in everyday life has changed, primarily their use in sports and hobbies has come to the fore. At the same time, the unique value of animals increased significantly (Bartos et al., 2021). For the owners the health and long-term balanced usability of the horses has become even more important than before. Among our farm animals, the digestive system of the horses is the most sensitive and vulnerable, so special attention must be paid to the quality of the feed (Bartos et al., 2015). The most common disease of horses is colic (Durham, 2009). The main reasons for its development are insufficient quality or improperly feed (Meierhenry, 2008).

The feed utilization of horses is extremely different, which is also significantly affected by age. Efficient digestion by a healthy digestive system has a positive effect on the horse's general well-being (Hilary és Whishaw, 2014).

In domestic veterinary medicine, the use of medicinal herbs is becoming widespread, and fortunately, more and more veterinarians are recommending herbal cures for the treatment of certain diseases and for the relief of symptoms. In the case of horses, herbal treatments play an important role in achieving long-term balanced performance. Due to their beneficial effects, some herbs can significantly improve the performance and usability of sport and work horses, and can positively influence the digestion of nutrients, thereby contributing to the preservation of the health of our horses.

The beneficial effect of certain herbs on digestion has long been known, primarily in human medicine (Bernáth, 1993; Blumenthal et al., 1998; Rácz and Szabó, 2012), but the positive effects of various herbs and their mixtures are also mentioned in the case of horses (Marton, 2005; Naujoks, 2005). Hilary and Whishaw (2014) write about the effect of white mallow on nutrient absorption. In the case of anise, Marton (2005) describes its antispasmodic, stomach-strengthening and appetite-improving effects. Mint has a remarkable antispasmodic, taste-enhancing and bile-producing effect. Wormwood is mainly used as a general immune booster and diuretic, and is also used in folk medicine as a natural anthelmintic. Dandelion supports bile production, increases intestinal contractions and has a positive effect on gastric acid production. Its essential oil and dried extract are recommended in human medicine by Rácz and Szabó (2012) for people suffering from gastric mucosa complaints and hyperacidity. The roots are primarily digestive and appetite enhancing (Marton, 2005). Chamomile has an antispasmodic and kidney-functioning effect by horses. In addition, its stomach-strengthening and calming effects are also known from human medicine (Bernáth, 1993).

Nowadays various lecker snacks are available for our horses to reward good work, but most of them contain flavor enhancers, aroma and coloring substances, and sometimes too much sugar, which may have digestive health risk. The main goal of our research was to evaluate the impact of a commercially available fermented herbal feed, which contains only natural substances and can therefore be fed risk-free either as a reward snack or as a cure. The results of previous experiments carried out on the Georgikon Campus also greatly contributed to the development of the mentioned product (Bartos et al., 2015; Such et al., 2017). During our study, we tested the effect of the feed supplement on the digestion of horses and the intestinal microflora.

Materials and methods

Four adult horses (averages weight 500 kg) were used in the experiment. The average daily work of the horses did not change during the experiment, and the animals were not affected by other external stressors. The examined product contains fermented grain bran, fermented herbal mixture (so-called Fitocavallo mix: anise seed (*Anisi fructus*), dandelion root and leaf (*Taraxaci radix cum herba*), peppermint leaf (*Menthae Piperitae Folium*), white wormwood (*Absinthii herba*), chamomile (*Chamomillae Flos*), feed contained wheat flour, Zeofeed zeolite powder, sugarcane molasses, and purified water.

The basic diet consisted of 250 g mashed oat, fed twice a day (morning and evening), and ad libitum highquality mixed grass hay (on average 1100g /100kg BW). The first faecal samples were collected at the beginning of the experiment. Sampling was made from the manure on two consecutive days in the morning. After the sampling, the basic diet was supplemented with 200g of the product, according to the manufacturer's recommendation, which the horses received in two parts per day, mixed with the oats, for seven days. After it the horses were fed with their regular diet. Additional faecal samples were collected at the end of feeding the herbal supplement and three weeks after the treatments.

Measurements

Faecal samples were sealed in nylon bags and stored at -20°C until the start of the assays. At the end of the experiment, the dry matter, crude protein, crude fiber and acid-insoluble ash (AIA) content of the feed (hay, oats) and faecal samples were determined. The AIA was used in calculation of the apparent digestibility of dry matter, crude protein and crude fiber (Müller, 2012). The average nutrient content (grass hay and oat) is shown in Table 1.

Table 1: Average nutrient content of hay and oats fed in the experiment (%)

	dry matter	crude protein	crude fiber	AIA*
hay	92,22	8,12	40,21	2,32
oats	88,45	12,86	11,84	0,94

* AIA: acid-insoluble ash

The measurements were performed based on the feed test guidelines of the Hungarian Feed Codex (Codex Pabularis Hungaricus, 2004), and the acid-insoluble ash content was measured as described in Regulation 152/2009/EC (Official Journal of the European Union, 2009). From the obtained data, the apparent digestibility of certain nutrients were calculated.

Microbiological analysis were also carried out. 10 g of fresh faecal sample per horse was weighed and added to 90 ml of sterile Ringer's solution in an Erlenmeyer flask. The resulting mixture was homogenized with a vortex 3 times for half a minute. While waiting for 10 minutes, it was shaken several times by hand for proper homogeneity. Afterwards, a series of dilutions was prepared from the solutions up to the order of 10⁻⁷, then 1-1 ml of the appropriate dilutions were pipetted into a petri dish, and after cooling to 50°C, 15 ml of MRS agar for lactic acid bacteria and EMB agar for coliforms were added and gently mixed with it. The samples were incubated at a constant temperature (27°C) and the colonies were counted after 2 days.

The statistical analysis was performed with a paired sample Student T-test at a 95% confidence level. The evaluation was carried out using the SPSS 25.0 program.

Results and discussion

The horses consumed the tested product, there was no feed refusal. No unpleasant side effects or allergic symptoms occurred in any of the tested horses when feeding the product. The tested product contained a relatively low number (6×10^4 CFU/g) of lactobacillus. Based on our results, the treatments did not significantly affect the number of lactobacillus and coli bacteria in feces. However, the downward trend in the number of coli bacteria may be noteworthy, even though we did not experience statistically verifiable differences with such a large number of animals. In the case of dry matter, crude protein and crude fiber digestibility no significant changes were observed immediately after the 7 days supplementation, but three weeks later, a clear improvement in digestibility was noticeable. The main reason for this is assumed to be that probably longer time is required for the prebiotic effect (Table 2).

Based on the relatively low lactobacillus content of the product, it can be concluded that the positive effects experienced are primarily due to the beneficial effects of the medicinal herbs. The positive change observed in crude fiber digestibility is presumably due to the beneficial effect of the treatments on the bacterial processes in the hindgut. Our results were similar to the observations obtained in a previous experiment with a medical herb mixture conducted at the Georgikon Campus (Bartos et al., 2015), however in that trial the beneficial effect was already noticeable directly after the treatments.

Table 2: Effect of the herbal supplement on the digestibility of individual nutrients (%)

	before the treatments	at the end of the treatments	3 weeks after the treatments
dry matter	46±5,3 ^a	43±1,0 ^a	52±2,8 ^b
crude protein	61±5,2 ^a	56±11,0 ^a	67±3,8 ^b
crude fiber	44±4,5 ^a	41±4,0 ^a	51±3,4 ^b

^{ab} averages with different letters differ significantly ($p < 0.05$)

The herbal mixture we tested contains only natural substances and it is a product to promote gut health, so it can be used without risk in the case of horses. The beneficial effects of the product were proven in the experiment. Among these the most important is the favorable effect on the digestion of fiber, which, considering the experience of human medicine, is primarily due to fennel and anise (Bernáth, 1994; Rácz and Szabó, 2012). This can also reduce the chance of intestinal obstruction and some cases of colic. Feed composition and feed supplements can play an important role in improving the utilization of the feed even in the case of horses that utilize the nutrients of individual feeds less well or have a weak appetite, mainly due to the appetite-enhancing effect of the bitter substances (Csupor, 2003). Due to the large granule form of the examined product, it can be easily transported and measured, and is a good choice for horse owners.

Since it was proven during our investigation that the animals enjoy consuming the product, it is also suitable for rewarding the work done in small quantities (one or two granules). For digestion-improving and health-preserving cures, however, it is advisable

to follow the manufacturer's recommendation for the daily dose (200 g). It may be recommended to repeat the treatments after a break of a few weeks. During our experiment, it was also proven that some herbs and their extracts can play an important role in horse nutrition and health maintenance (Williams and Lampercht, 2008; Hilary and Wishaw, 2014). In addition to the significant improvement in the digestibility of nutrients, the downward trend in the number of coli bacteria can also be considered as a positive result, although in the latter case we could not statistically verify the differences with such a low number of animals.

The results, similar to our previous experiment with medicinal herbs (Bartos et al., 2015), allow us to conclude that the production process (e.g. the granulation process) did not influence the beneficial effects of the medicinal herbs in the mixture. Fermentation can be said to be particularly favorable in terms of the utilization of individual active ingredients. The beneficial effects of the product can probably be proven even more authentically if the experiment is carried out with a larger number of horses, possibly with a longer feeding period.

It can also be interesting to directly compare the herbal mixture that forms the basis of this product and the product itself. In this way, the beneficial effects of fermentation could be clearly proven. Due to its favorable dietary effects, it may be recommended to mix into the granulate other supplements that support gut health of horses, such as humic acids.

Conclusion

According to our results, it can be stated that the tested product is ok by horses, has a clear positive effect on digestibility of nutrients and gut microbiome of the animals, and can be safely and easily fed together with oats and fodder.

References

- Regulation 152/2009/EC of the Commission of the European Communities (January 27, 2009) on the establishment of sampling and testing methods used during the official control of animal feed. Official Journal of the European Union 26.02.2009 L54/51 point N. (Method A)
- Bartos, Á., Such, N., Koltay, I., Marton, Zs., Bányai, A. (2015): Effect of a medicinal herb mixture on the apparent digestibility of nutrients in horses. (in Hungarian) *Állattenyésztés és Takarmányozás* 64. 198–206.
- Bartos, A., Koltay, I., Ujj, Zs., Bányai, A., Such, N., Resrás, Zs. (2021): Effects of different feed components and the treatment of the litter on the ammonia emission of equine urine. *Ecocycles*, Vol. 7, No. 2, pp. 1–7. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v7i2.197>
- Bernáth, J. (1994): Vadon termő és termesztett gyógynövények. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 1–566.

- Blumenthal, M., Busse, W.R., Goldberg, A., Gruenwald, J., Hall, T., Riggins, C.W., Rister, R.S. (eds.). Klein, S., Rister, R., (trans.)(1998): The Complete German Commission E Monographs: Therapeutic Guide to Herbal Medicines, Austin, TX/Boston, MA, American Botanical Council/Integrative Medicine Communications.
- Csupor, Cs. (2003): Phytotherapy in family medicine. Digestive disorders and diseases I. 8(in Hungarian) Családorvosi Fórum 9. 46–51.
- Durham, A.E. (2009): The role of nutrition in colic. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 25. 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.11.003>
- Hilary, S., Wishaw, C. (2014): Herbs for digestiv health. Equine Wellness Magazin, 5. 16–19.
- Marton, Zs. (2006): Lóherba. Gyógynövények lovaknak. Ósi gyógymódok új megközelítésben. Equinter Kézikönyvek. Budapest, Equinter Kiadó.
- Meierhenry, B. (ed.) (2008): Colic: An age old problem. Horse Report, 26. 1-11
- Müller, C.E. (2012): Equine digestion of diets based on haylage harvested at different plant maturities. Anim. Feed Sci. Techol., 177. 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.06.002>
- Naujoks, C. (2005): Naturheilkräuter für Pferde. Cadmos Verlag GmbH, Brunsbek.
- Rácz, G., Szabó, L. (2012): Gyógynövények ismerete. Galenus Kiadó, Budapest.
- Such, N., Koltay, I., Ujj, Zs., Bányai, A., Bartos Á. (2017): Effect of a probiotic supplement on the apparent digestibility of nutrients in horses. (in Hungarian) Állattenyésztés és Takarmányozás 66. 3. 196-205
- Williams, C.A., Lamprecht, E.D. (2008): Some commonly fed herbs and other functional foods in equine nutrition. The Vet. J., 178. 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tv-jl.2007.06.004>

NUTRITION OF HUNGARIAN POLICE DOGS

Zsuzsanna Dina¹, László Kormos², Natasa Fazekas¹

¹MATE, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Animal Breeding Sciences, 2100 Gödöllő, Páter K. street 1, Hungary, ²Police Education and Training Center, 2120, Dunakeszi, Repülőtéri way 3. Hungary

ABSTRACT

Nutrition of working dogs has influence on both to their achievement and long, useful lifespan. Hungarian police dog handlers (n=674) were asked to fill a survey in August 2021 about all type of dog food they provide to their working animals on monthly base. Nutritional values for kg of body weight (energy density, crude protein, fat, fibre, ash, Ca:P, polyunsaturated fatty acids) were calculated from this database. The daily intake values were compared to the literature recommendations, and differences between the groups of police dogs (age, sex, qualification/working field) analysed. Metabolizable energy and crude fat intake of Hungarian police dogs is in concordance with the recommendations, while crude protein intake is significantly higher than the need of the animals. Energy intake/energy requirement ratio correlated negatively with hours on duty per day, and it was higher in general police dogs and in drug detection dogs than in patrol dogs. There was a weak positive correlation between age of the dogs and their daily crude fat intake.

ÖSSZEFOGLALÁS

A munkakutyák takarmányozása a teljesítményt és a hosszú hasznos élettartamot egyaránt befolyásolja. Hazai rendőr-kutyák vezetőikkel (n=674) töltöttünk ki 2021 augusztusában egy kérdőívet arról, hogy egy hónapban milyen takarmányfélésekből, mennyit adnak a szolgálati kutyának. Az így kapott adatbázisból kiszámítottuk a kutyák testsúlyra vonatkoztatott energia- és táplálékanyag-felvételét (nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyersshamu, Ca:P, többszörösen telítetlen zsírsavak). A napi takarmányfelvételt összehasonlítottuk a szakirodalmi ajánlásokkal. Megnéztük, van-e a kutyák egyes csoportjai (életkor, ivar, munkakör) között eltérés. A hazai szolgálati kutyák napi metabolizálható energia és nyerszsír felvétele összhangban áll a szakirodalmi ajánlásokkal, ugyanakkor a napi nyersfehérje felvételük jelentősen meghaladja a szükségletet. Az energiafelvétel:energiaszükséglet hányados negatív korrelációban áll a napi munkaórák számával, valamint nagyobb az általános rendőr-kutyák és a droggereső kutyák esetében, mint a járőr-kutyáknál. Gyenge pozitív korrelációt mutattunk ki a kutyák életkora és a napi nyerszsír felvétel között.

Introduction

Dogs are the first domesticated species, and nowadays kept all over the world, both as companion animals, and as working dogs. Their nutrition is having a high economical value, however, next to scientific results and recommendations, in practice it is often based on actual fashion and commonplace believes. Nutrition of working dogs is even more important, as it has impact on the achievement and long, useful lifespan of animals. Hungarian police dogs are well-known for being highly trained, however, their average useful lifespan spent on duty (4.8 years) is considered to be rather low.

The energy and nutrient requirement of working dogs differs from those of kept as pets, and also varies by the type of work they do. The two different, most deeply studied groups of working dogs according nutrition are sleddogs and racing greyhounds. Police

dogs are used in different fields, for different purposes, which are between these two patterns in the length and intensity of exercise, so their energy and nutrient need varies by working type according to it. Tracking and obedience are more similar to the pattern of sleddogs (Case et al., 2011), so accompanied with enhanced energy need, larger feed quantity (Wakshlag et al., 2014). Gordon et al. (2014) suggested, that search and rescue dogs - working on larger distances with low to medium intensity - require 8-10 times as much as their resting energy need for stop losing weight, while Mullin et al. (2015) advised 5-8 times as much as the resting energy requirements (RER) for the same task. Search and rescue dogs require higher protein and fat content, with lower carbohydrate content (Chiofalo et al., 2019). Guard and patrol dogs are closer to the pattern of racing greyhounds in physical load, as their work requires shorter distances, but with greater intensity (Zoran, 2021). Guard and patrol dogs can be fed with dog food designed for active pets in case of energy density, but for building their musculature and condition they require higher protein and fat content. A study about greyhounds resulted that their performance was better when they were fed with higher carbohydrate and lower protein content food, than in the opposite case (Hill et al., 2001)

Higher ratio of saturated fatty acids negatively affects the olfactory capacity of dogs (Altom et al., 2003), and on the contrary, polyunsaturated fatty acids are beneficial to olfactory ability (Ober et al., 2016, Burri et al., 2018, Wakshlag et al., 2014). The aim of the present study was to survey the nutrient and energy supply of Hungarian police dogs.

Materials and methods

A survey was conducted by the Hungarian Police Education and Training Centre in August 2021; a questionnaire was spread among police dog handlers about the practice of feeding their working dogs. 674 answers were recorded in an Excel table. Unfortunately some of them couldn't be involved in all of the analyses, as some data were missing, or data provided was undoubtedly false, so n=289 was the lowest number of individuals in some tests. The following factors of the dogs were recorded: age, sex, breed, qualification/working field and hours spent on duty per day. The exact name of dry food, moisture food, unprocessed meat and their quantity fed on monthly base, as well as the same data about treats used for reward (during training and work) were recorded.

The live weight of dogs was calculated as the average of the interval in breed standards for the given sex. Daily quantities fed from each source were calculated by dividing the provided data with 30.5. The nutritional values of commercial dog foods – crude protein, crude fat, crude fibre, crude ash, Ca, P, and in some cases omega 3 and 5 fatty acids – were collected from the webpages of the manufacturers or distributors. Energy content of commercial dog foods was calculated according to the following formula: (crude protein x 3.5) + (crude fat x 8.5) + (carbohydrates x 3.5)) x 10 = metabolizable energy content (ME, kcal/kg). In case of unprocessed meats the crude protein content (g/100g) was calculated by: crude protein content in % of meat x meat % / 100, while crude fat content (g/100g): fat content according to meat % x meat % / 100. The energy density (kcal/kg) was determined according to the formula ((protein (g / 100g) x 4) + (fat (g/100g) x 9)) x 10. Resting energy need of dogs was calculated by the Maynard formula (Case et al., 2011): 70×live

weight^{0.75}, and multiplied by 0.004187 to get it in MJ. Software package InStat was used for statistical analyses.

Data were checked for normal distribution and the observed vs recommended nutritional and energy supply was evaluated by Wilcoxon test. Energy supply of dogs used for different purposes were compared by ANOVA and Student T-test.

Results and discussion

Most dogs in the sample got treats (n=481), and the majority of them (n=402) were mainly fed with commercial dry food. Less than half of them (n=241) got unprocessed meat at all, and moisture, canned food was even less popular (n=105). On full sample level 87% of the daily energy intake originated from dry food, 7% from treats, 5% from meat and 1% from canned, moisture food. The daily metabolizable energy (ME) intake of dogs was 10.42±2.74 MJ/day, when calculated for the full sample (n=410), and 10.62±2.17 MJ/day, when probably false data was excluded (n=388). The calculated resting energy need for the same group of dogs is 3.77±0.44 MJ/day and 3.79±0.44 MJ/day, respectively. According to Zoran (2011), working dogs require 2-5 times larger daily energy intake as the resting value, so these values, 2.77-2.87 × larger than RER in population level are in concordance with this. Ratio of energy intake and resting energy need varied among the dogs, between 1.1-1.49 and 4.0-4.49, and these categories – defined for equal intervals - showed a normal distribution on sample level (KS test, p=0.04).

The daily nutrient intake of Hungarian police dogs is shown in Table 1.

Table 1. Daily nutrient intake and nutrient intake per kg of live weight (mean ± standard deviation, g/day) in Hungarian police dogs

	Nutrients			
	Crude protein (n=674, 302)	Crude fat (n=598, 278)	Crude fibre (n=545, 277)	Crude ash (n=476, 277)
Daily intake, total sample ^a , g/day	132.30 ± 85.29	91.80 ± 49.28	16.11 ± 18.57	39.07 ± 2.13
Daily intake, revised dataset ^a , g/day	171.39 ± 28.07	102.88 ± 30.35	16.20 ± 5.15	43.37 ± 1.31
Intake/kg body weight, total sam- ple ^a , g/kg body weight/day	4.03 ± 2.79	2.78 ± 1.61		
Intake/ kg body weight, revised dataset ^a , g/kg body weight/day	5.78 ± 1.35	3.46 ± 1.13		

^a as number of dogs varied by analyses, their number is indicated under the ingredients' name, in the same order

Crude protein requirement of dogs in general is 42.1 g/1000 kcal according to the FE-DIAF recommendation, while Wakshlag et al. (2014) defined it as 2 g/kg body weight/day for pet dogs, and 1.5-2 times more, so 3-4 g/kg body weight/day for working dogs. Even when counting with 4 g/kg body weight/day, the real crude protein intake of police dogs is higher, than the recommended quantity (Wilcoxon test, p=0.0001).

Crude fat requirement of dogs in general is at least 1.3 g/kg body weight/day, based by the NRC recommendation. Wakshlag et al. (2014) refers to crude fat need as 5-13% of the daily feed in case of pet dogs, which can be even 20% in working dogs. Mean crude fat intake of the Hungarian police dog food samples are higher than 1.3 g/kg body weight/day

(Wilcoxon test, $p=0.00001$), and there's no difference ($p=0.973$) between the recommended 3.38 g/kg body weight/day value and the counted real intake.

Crude fibre intake as the ratio of daily feed intake is $2.39\pm 1.99\%$ for the whole database, and $2.39\pm 0.66\%$ for the corrected dataset, according to intake values shown in Table 1. While dogs in general require 2-4% of fibre, in case of working dogs this can be even 3-7%, as Case et al. (2011) stated for sleddogs. More than a quarter of dogs (27%) in our sample had under 2% crude fibre content, while 2.17% of them got more crude fibre than 4% of their daily feed quantity.

The crude ash intake values in Table 1 mean $2.39\pm 1.99\%$ of the daily feed for the whole database, and $2.39\pm 0.66\%$, when calculated for the dogs with full, approved data.

The calcium and phosphorus ratio for the whole database ($n=417$) is 1.54 ± 0.55 and 1.57 ± 0.89 for the revised dataset. The recommendation is 1-1.5 – in case of adult dogs, and 1.6-1.8 for puppies and youngsters. Our data mainly was built up from adults, but the counted ratio is close to the later one, so in general animals get a bit more calcium than they actually need.

Qualification/working field is having an effect on the ratio of energy intake and energy need (ANOVA, $p=0,047$). Comparing working fields pair by pair, mean energy intake / requirement of patrol dogs' is lower, than of general police dogs' ($p=0,0158$) or drug detection dogs' ($p=0,0331$, t probes). That is in concordance with the literature - Case et al. (2011), Gordon et al. (2014), Mullin et al. (2015), Zoran (2011) - that guard and patrol dogs (closer to the racing greyhound pattern in working load) doesn't require as enhanced energy density as search and rescue dogs (similar to sleddog pattern).

There's a highly significant ($p=0,0003$), loose negative correlation ($r=-0.02133$) between daily working hours and energy intake / need ratio.

Daily crude protein intake is not connected neither to the age of animals, neither to hours spent on duty per day. There's no difference in daily protein intake according to the qualification/working field of dogs, and intake by kg of body weight shows a normal distribution in all groups, except explosive detection dogs.

There's a weak positive correlation ($r=0.1642$, $p=0.0061$) between crude fat intake (per kg body weight) and the age of the dogs, so older dogs are get a bit higher quantity of crude fat.

There's no correlation between qualification/working field and daily polyunsaturated fatty acid intake - which suggested to be connected to improve scent dogs work (Ober et al., 2016, Burri et al., 2018, Wakshlag et al., 2014) - in case of n-6 fatty acids $p=0.422$, in case of n-3 $p=0.421$.

Conclusions

Hungarian police dogs are fed mostly with dry food of different quantity; dog handlers are not really taking care of choosing one appropriate to the age, lifestyle and neuter status of the animal. That can be one of the reasons why the useful lifespan – so the time they spend in service after training - of those dogs is only 4.8 years, as visible from the register of the training centre.

As treats are used frequently during training and work – meaning 7% on average of the daily energy intake in the sample - their nutritional values, different from complete dog foods' has to be considered when planning the nutrition of the dogs.

The energy intake of police dogs is in concordance with literature recommendations for working dogs – such as the differences in ME intake between working fields - but parallel they get two- or even threefold quantity of crude protein as advised. The reason behind could be, that the dog food manufacturers try to satisfy the common need which claims high protein content as a main factor of good quality dog feed, and in parallel, handlers feed dog food designed for family pets, not those in concordance with the higher energy need of working dogs.

References

- Altom, E. K., Davenport, G. M., Myers, L. J., Cummins, K. A. (2003): Effect of dietary fat source and exercise on odorant-detecting ability of canine athletes. *Veterinary Science* 75: 149–155. [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(03\)00071-7](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(03)00071-7)
- Burri, L., Wyse, C., Gray, S. R., Harris, W. S., Lazzarinie, K. (2018): Effects of dietary supplementation with krill meal on serum pro-inflammatory markers after the Iditarod sled dog race. *Res. Vet. Sci*; 121: 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.10.002>
- Case, L. P., Daristotle, L., Hayek, M. J., Raasch, M. F. (2011): *Canine and feline nutrition*, Third Edition. Mosby Elsevier, Maryland Heights. <https://doi.org/10.1016/c2009-0-39175-8>
- Chiofalo, B., DeVita, G., Presti, V. L. (2019): Grain free diets for utility dogs during training work: evaluation of the nutrient digestibility and faecal characteristics. *Anim Nutr* 5:297–306. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.05.001>
- Gordon, L. E. (2015): Injuries and illnesses among Federal Emergency Management Agency–certified search-and-recovery and search-and-rescue dogs deployed to Oso, Washington, following the March 22, 2014, State Route 530 landslide. *J Am Vet Med Assoc*; 247:901–8. <https://doi.org/10.2460/javma.247.8.901>
- Hill, R. C., Lewis, D. D., Scott, K. C. (2001): The effects of increased protein and decreased carbohydrate in the diet on performance and body condition in racing greyhounds. *Am J Vet Res*; 62:440–7. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.440>
- Mullin, R. A., Witzel, A. L., Price, J. (2015): Maintenance energy requirement of odor detection, explosive detection and human detection working dogs. *Peer J* 3: e767. <https://doi.org/10.7717/peerj.767>
- Ober, J., Gillette, R. L., Angle, T. C. (2016): The effects of varying concentrations of dietary protein and fat on blood gas, hematologic, serum chemistry, and body temperature before and after exercise in Labrador retrievers. *Front Vet Sci*, 3: 59. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00059>
- Wakshlag, J., Shmalberg, J. (2014): Nutrition for working and service dogs. *Veterinary Clinic of North America: Small Animal Practice*, 719–740. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.03.008>
- Zoran, D. L. (2021): Nutrition of working dogs. *Veterinary Clinic of North America: Small Animal Practice*, 803–81. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.04.014>

EVALUATING CHEMICAL COMPOSITION OF PIG FAECES BASED ON DIFFERENT DIETS USING NEAR-INFRARED REFLECTANCE SPECTROSCOPY (NIRS)

Malgwi, I. H.¹, Patel, N.¹, Giannuzzi, D.¹, Toscano, A.¹, Yakubu, H. G.², Bazar, G.³, Gallo, L.¹ and Schiavon, S.¹

¹University of Padova, Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment (DAFNAE), Viale dell' Università 16, I-35020, Legnaro, Padova, Italy, ²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Physiology and Animal Nutrition, Kaposvár Campus, Guba Sándor Street 40, H-7400, Kaposvár, Hungary, ³Adexgo, Kft., Balatonfüred, Lapostelki Utca 13, 8230, Hungary

ABSTRACT

The aim of this paper is to demonstrate how NIRS (near-infrared spectroscopy) can be applied in swine faecal evaluation. Preliminary starter calibrations for ash, dry matter (DM), crude protein (CP), crude fibre (CF), crude fat, ether extract (EE), lipids, acid and neutral detergent fibre(ADF and NDF), starch. The preliminary results revealed that NIRS can be used on-farm as a rapid non-invasive tool to estimate proximate composition of faeces based on the diet fed to pigs. However, reliable estimates and prediction values and effectively assessing the model's behaviour in predicting the chemical composition of pigs' faeces based on diets require a repeated experiment with large dataset for validation.

Introduction

Feed evaluation is important for livestock rearing and management practices. The major challenges with conventional feed evaluation protocols are issues related to cost, time of analysis, and the use of environmentally unfriendly chemicals (Zhou et al., 2012). These challenges make the use of near-infrared spectroscopy (NIRS) as an important rapid (non-invasive) tool for dietary evaluation. NIRS has enormous potential in many fields including health, agriculture, animal feeding and management (Despal et al., 2020; Melfsen et al., 2012; Núñez-Sánchez et al., 2016). In the application of NIRS in dietary or faecal studies, it is noted that, faecal samples contain undigested dietary ingredients and as such, their composition differs between animals, and rearing strategies, and contributes to variation in most NIR spectroscopy-based predictions (Bastianelli et al., 2015; Schiborra et al., 2015). Error in prediction accuracy of NIRS measurements using undried samples is attributed to moisture content (Griggs et al., 1999). To our knowledge, literature on NIRS application in evaluating the chemical composition of pig faecal samples with respect to feeding strategies is limited. However, few available studies have shown good prediction R² values and lower standard errors of analysis in using NIRS for predicting faecal and dietary chemical composition and digestibility of nutrients (Noel et al., 2022; Schiborra et al., 2015).

This paper presents some of the preliminary results from our ongoing study on evaluating the chemical composition of fresh and dry faecal matter of pigs fed diets with different dietary protein levels using visible near-infrared spectroscopy (NIRS).

Materials and methods

The experimental procedure was approved by the Padua University animal care committee (OPBA). The procedures were conducted under European Union requirements and guidelines on the protection of animals used for scientific and educational purposes provided by the “Organismo preposto per il Benessere Animale, OPBA”, University of Padova (OPBA, approval document #36/2018).

The selected number of pigs, $n = 84$ (gilts and barrows) arrived at the experimental station at 149 ± 3 d old, 95 ± 12.5 kg BW. There were 3 treatments (LP, MP, HP) x 2 pens x 2 sexes x 7 pigs (28 pigs/treatment). The trial duration = 134 days. Room (stable) temperature was maintained at $19 \pm 2^\circ\text{C}$.

Feeds

Feeds were manufactured by the Progeo Feed Industry (Masone, Reggio Emilia, Italy). The average composition of nutrients in the ingredient used in early diets of 90 to 120 kg BW, and late finishing diets of > 120 kg BW pigs are given in Table 1.

Table 1. Nutrient content (% DM) unless otherwise indicated) of early diets (90 to 120 kg average BW) and late finisher diets (over 120 kg average BW).

Analyzed nutrient composition ^b	Late finishing feeds		
	LP	MP	HP
DM, % in fed	90.4	90.2	90.6
CP (N × 6.25) (%)	11.5	13.2	15.2
Starch (%)	54.2	52.1	53.3
Ether extract (%)	5.31	5.54	5.30
aNDF-NDF (%)	14.8	14.6	13.0
Ash (%)	4.54	4.55	4.64
Calculated energy content			
ME, MJ/kg DM	14.5	14.6	14.8
NE, MJ/kg DM	11.0	11.1	11.1
Digestible CP (DCP) (%)	9.70	11.0	13.3
ME/Digestible CP, MJ/kg DCP	0.15	0.13	0.11

^a LP: low protein diet MP: medium protein diet, and HP: high protein diet.

^b Analytical results by averaging data on 4 independent replications.

^c Computed according to NRC (2012) from the ingredient composition of the feeds (2 batches); SID: standardized ileal digestible amino acid content; Optimum ratios according to NRC (2012).

Chemical analysis of faecal samples

Dried grounded faecal samples were analysed for DM, Ash, CP, EE, CF, Starch, NDF, ADF, ADL-with-AIA, AIA, ADL-without-AIA, Acid-insoluble-ash using 3 independent replications for dry matter (DM: # 934.01; AOAC, 2003), N (# 976.05; AOAC, 2003), ether extract (EE: # 920.29; AOAC, 2003), ash (# 942.05, AOAC, 2003) and neutral detergent fibre with amylase treatment and expressed inclusive of residual ash (aNDF-NDF) contents (Van Soest et al., 1991).

Acquisition of faecal spectra

All faecal samples were scanned at room temperature (25 °C) using a LabSpec 2500 spectrophotometer (ASD Inc./ Malvern Panalytical (Malvern/UK) equipped with a visible and infrared wavelength of 350 nm to 1830 nm at 1 nm intervals. The spectrometer was calibrated against a standard white barium sulphate plate before spectra acquisition (Patel et al., 2021). Three successive spectra were recorded for each sample in different positions at each scanning. Thus, one sample was represented by 6 spectra in total, from 3 fresh and 3 dried ground faecal samples. The total number of scanned samples was $n = 37$, and the total number of stored spectra was $n = 111$ both for fresh and dried. The spectra were collected in three replicates taken in reflection mode from three different positions on the surface of each fresh and dry faecal sample. The detector was in direct full contact with surface of the petri dishes for the fresh faecal spectra acquisitions. For dried-grounded faecal samples, the detector was immersed into the samples and the surface of the detector was cleaned before next sample is scanned.

Spectral analysis

The Unscrambler 9.7 (CAMO Software AS, Oslo, Norway) was applied for data processing and analysis. Low energy light at longer wavelengths could not pass through the samples, meaning absorbance spectra above 1850 nm showed stray light. Wavelength region at 350–1000 nm presented undefined noise during basic spectral evaluation. Therefore, the 1100–1830 nm range was selected for evaluation of NIR data. Spectra data were mathematically treated with different transformations (Norris, 2001). PCA was used to explain the multidimensional characteristics of the NIR data (Bázár et al., 2016). PLSR was applied as Y-variables of the predictable constituents and optimizes the latent variables of the model to describe as much amount of the variance of X-(spectral data) and Y-variables (reference data) while the precision (R^2) and accuracy of the chemometric models were evaluated by the determination coefficient R^2_{cv} and the root mean square error (RMSE) of calibration and cross-validation ($RMSE_{cv}$) as described in (Bázár et al., 2016).

Results and discussion

Figure 1 below shows the PCA score plot of the NIR data of the faecal samples with grouping based on the dietary source. In both (fresh and dry) PCAs, there exist group dependent variations based on protein levels low (LP), medium (MP) and high (HP).

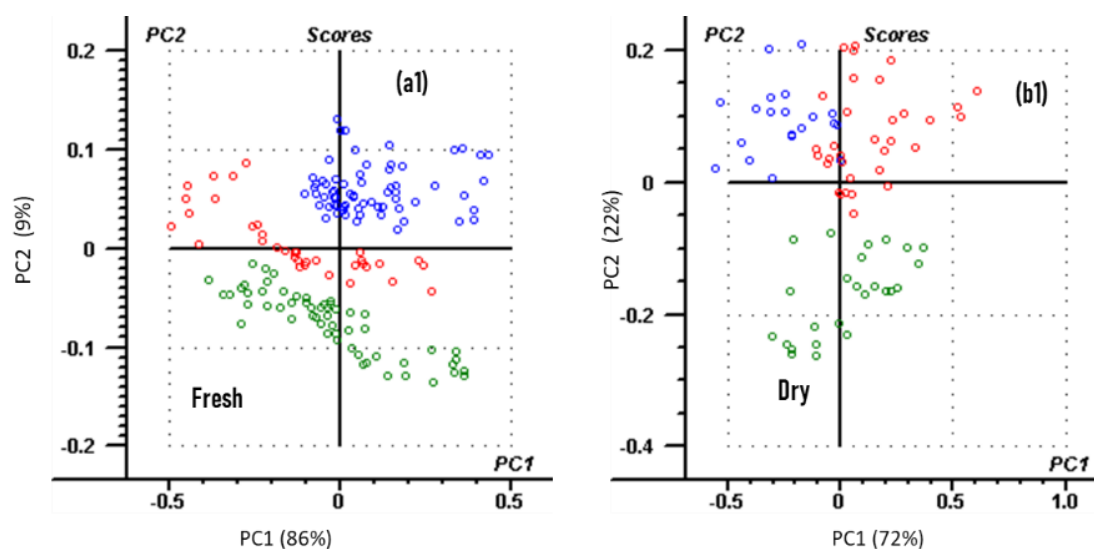


Figure 1. PCA score plots of MSC treatment of fresh (a1) and Dry (b1) faeces acquired within 1100 - 1800 nm coloured by diet groups (Blue: LP, Red: MP, Green: HP160).

Table 2. Calibration and cross-validation statistics of the PLS models for faecal constituents

Math treatment	LV	Constituents	R ² C	RMSEC	R ² CV	RMECV
RAW	11	DM	0.70	0.261	0.54	0.326
RAW	10	CP	0.84	0.892	0.75	1.124
RAW	9	CF	0.74	0.704	0.66	0.812
RAW	10	EE	0.72	0.304	0.58	0.3778
RAW	11	Starch	0.77	0.092	0.62	0.118
RAW	7	NDF	0.83	1.622	0.80	1.770
RAW	10	ADF	0.80	0.773	0.70	0.942
RAW	10	Ash	0.68	0.619	0.56	0.771
RAW	9	AIA	0.79	0.106	0.70	0.129
RAW	8	ADL-with-AIA	0.69	0.564	0.62	0.637
RAW	9	ADL-without-AIA	0.78	0.382	0.73	0.435
SNV	9	DM	0.65	0.27	0.54	0.312
SNV	10	CP	0.84	0.892	0.76	1.090
SNV	10	CF	0.77	0.668	0.67	0.799
SNV	11	EE	0.77	0.273	0.63	0.353
SNV	10	Starch	0.67	0.108	0.52	0.131
SNV	7	NDF	0.83	1.622	0.81	1.758
SNV	11	ADF	0.84	0.672	0.75	0.846
SNV	10	Ash	0.68	0.605	0.56	0.719
SNV	10	AIA	0.72	0.125	0.56	0.158
SNV	8	ADL-with-AIA	0.71	0.546	0.61	0.639
SNV	8	ADL-without-AIA	0.67	0.471	0.56	0.553
MSC	10	DM	0.69	0.271	0.54	0.332
MSC	8	CP	0.73	1.155	0.65	1.320
MSC	4	CF	0.81	0.599	0.64	0.852
MSC	11	EE	0.79	0.265	0.65	0.346
MSC	11	Starch	0.83	0.075	0.71	0.098
MSC	8	NDF	0.85	1.544	0.81	1.761
MSC	10	ADF	0.77	0.844	0.63	1.074
MSC	10	Ash	0.70	0.571	0.56	0.704
MSC	10	AIA	0.75	0.113	0.62	0.142
MSC	10	ADL-with-AIA	0.80	0.442	0.68	0.561
MSC	10	ADL-without-AIA	0.80	0.360	0.70	0.444
2D5G5S	6	DM	0.83	0.208	0.54	0.345
2D5G5S	4	CP	0.68	1.243	0.56	1.475
2D5G5S	4	CF	0.65	0.815	0.52	0.966
2D5G5S	5	EE	0.60	0.386	0.30	0.511
2D5G5S	6	Starch	0.77	0.086	0.54	0.014

2D5G5S	5	NDF	0.82	1.655	0.71	2.151
2D5G5S	4	ADF	0.66	0.999	0.52	1.204
2D5G5S	3	Ash	0.56	0.666	0.51	0.701
2D5G5S	6	AIA	0.85	0.089	0.64	0.239
2D5G5S	6	ADL-with-AIA	0.81	0.393	0.65	0.590
2D5G5S	6	ADL-without-AIA	0.84	0.393	0.63	0.607

CP: crude protein, EE: ether extracts (crude fat), CF: crude fiber, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, SNV: standard normal variate, MSC: multiplicative scatter correction, 2D5G5S5 second derivative with 5-point gap and 5-point segment, RMSEC: root mean square error of calibration, RMSE_{CV}: root mean square error of cross-validation, R²_C: determination coefficient of calibration, R²_{CV}: determination coefficient cross-validation.

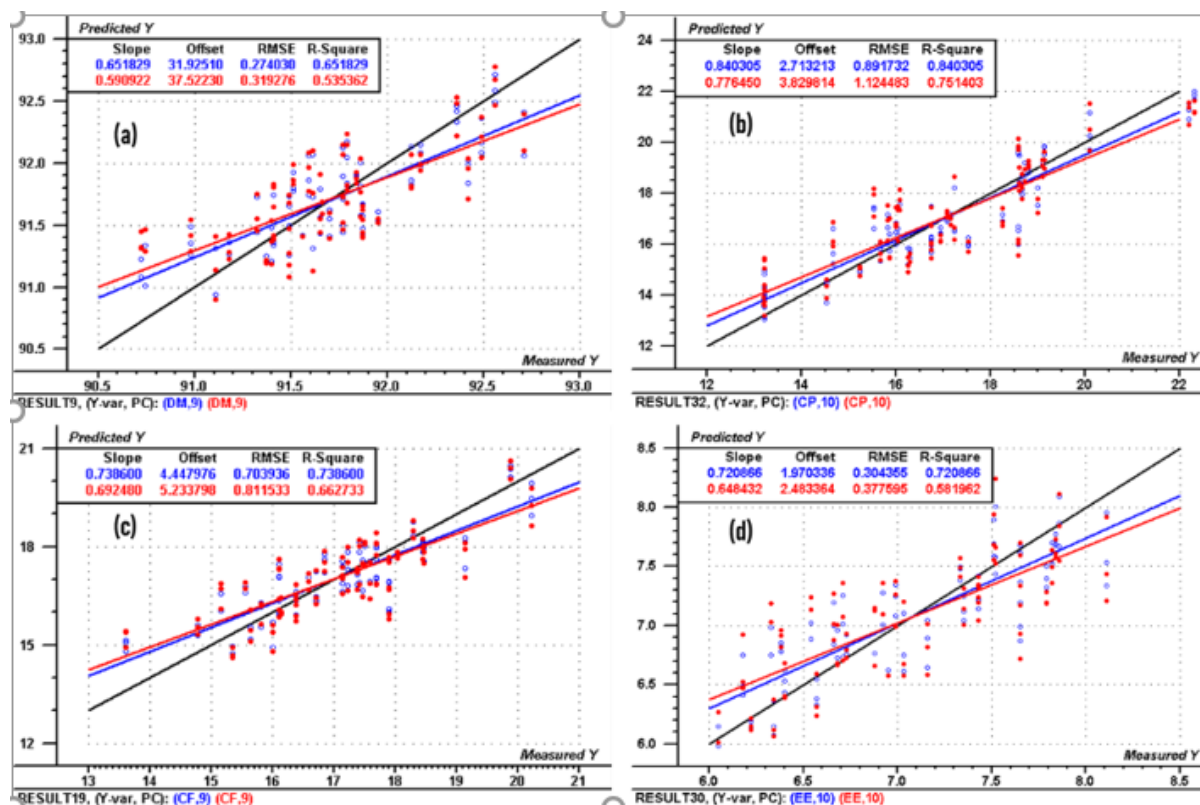


Figure 2. The optimum Y-fit (black diagonal) and the Y-fits of the best calibrations (blue) and cross-validations (red) for (a) dry-matter (DM), (b) crude protein (CP), (c) crude fiber (CF), (d) ether extract (EE).

Discussion

The qualitative grouping of LP, MP and HP faecal samples show the potential of NIR to differentiate faecal samples based on dietary source (Baker et al., 1994; Harris et al., 2018; Le Cocq et al., 2022).

The calibration and cross-validation statistics in Table 2 show promising outcome in the starter calibration models generated. In both the calibration and cross-validation results, the R²_C and R²_{CV} achieved 0.5-0.8 values, with most of the models showing lower errors. This is shown in Figure 2, where the calibration and cross-validations lines do not deviate significantly from the regression line (optimal Y-fit) (Yakubu et al., 2021). Results are in agreement to other studies by Evangelista et al., 2021; Melfsen et al., 2012; Park et al., 1999; Van Milgen et al., 2015.

Conclusions

From the study, preliminary results show the possibility of predicting faecal constituent based on dietary source (low, medium and high protein sources) using NIR spectroscopy. This research was funded by the European Union Rural Development program 2014-2020, Reg. (CE) 1305/2013 - PSR Veneto DGR n. 2175 – December 23, 2016, interventions 16.1.1 and 16.2.2, code 3682902. The University of Padua also funded with Institutional funds (DOR2059255/20, DOR1990028/19, DOR1845849/18) and with a three-year PhD grant for Isaac Malgwi.

References

- Baker, C. W., Givens, D. I., Deaville, E. R. (1994). Prediction of organic matter digestibility in vivo of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy: effect of calibration method, residual moisture and particle size. *Animal Feed Science and Technology*, 50(1-2), 17-26. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90006-X)
- Bastianelli, D., Bonnal, L., Jaguelin-Peyraud, Y., Noblet, J. (2015). Predicting feed digestibility from NIRS analysis of pig faeces. *Animal*, 9 (5), 781-786. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003097>
- Bázár, G., Romvári, R., Szabó, A., Somogyi, T., Éles, V., Tsenkova, R. (2016). NIR detection of honey adulteration reveals differences in water spectral pattern. *Food Chemistry*, 194, 873-880. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.092>
- Cowe, I. A., McNicol, J. W., Norris, K. H., Barnes, R. J., Dhanoa, M. S., Lister, S. J., Harris, P. A., Nelson, S., Carslake, H. B., Argo, C. M. G., Wolf, R., Fabri, F. B., Broolsma, K. M., van Oostrum, M. J., & Ellis, A. D. (1989). Standard normal variate transformation and detrending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, 39(2), 13-20.
- Despal, Sari, L. A., Chandra, R., Zahera, R., Permana, I. G., Abdullah, L. (2020). Prediction Accuracy Improvement of Indonesian Dairy Cattle Fiber Feed Compositions Using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Local Database. *Tropical Animal Science Journal*, 43(3), 263-269. <https://doi.org/10.5398/tasj.2020.43.3.263>
- Evangelista, C., Basiricò, L., Bernabucci, U. (2021). An overview on the use of near infrared spectroscopy (nirs) on farms for the management of dairy cows. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture11040296>
- Griggs, T. C., Lobos, K. B., Kingery, P. E. (1999). Digestibility analysis of undried, unground, and dry ground herbage by near-infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science*, 39(4), 1164-1170. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900040036x>
- Harris, P. A., Nelson, S., Carslake, H. B., Argo, C. M. G., Wolf, R., Fabri, F. B., Broolsma, K. M., van Oostrum, M. J., Ellis, A. D. (2018). Comparison of NIRS and Wet Chemistry Methods for the Nutritional Analysis of Haylages for Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 71, 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.08.013>
- Le Cocq, K., Harris, P., Bell, N., Burden, F. A., Lee, M. R. F., Davies, D. R. (2022). Comparisons of commercially available NIRS-based analyte predictions of haylage quality for equid nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 283(December 2020), 115158. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115158>
- Melfsen, A., Hartung, E., Haeussermann, A. (2012). Accuracy of milk composition analysis with near infrared spectroscopy in diffuse reflection mode. *Biosystems Engineering*, 112(3), 210-217. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.04.003>

- Noel, S. J., Jørgensen, H. J. H., Knudsen, K. E. B. (2022). The use of near-infrared spectroscopy (NIRS) to determine the energy value of individual feedstuffs and mixed diets for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 283(March 2021). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115156>
- Norris, K. H. (2001). Understanding and correcting the factors which affect diffuse transmittance spectra. *NIR News*, 12(3), 6–9. <https://doi.org/10.1255/nirn.613>
- Núñez-Sánchez, N., Martínez-Marín, A. L., Polvillo, O., Fernández-Cabanás, V. M., Carrizosa, J., Urrutia, B., & Serradilla, J. M. (2016). Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats. *Food Chemistry*, 190, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.083>
- Park, R. S., Agnew, R. E., & Barnes, R. J. (1999). The development of near infrared reflectance spectroscopy calibrations for undried grass silage and their transfer to another instrument using multiple and single sample standardisation. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 7(2), 117–131. <https://doi.org/10.1255/jnirs.243>
- Patel, N., Toledo-Alvarado, H., Bittante, G. (2021). Performance of different portable and hand-held near-infrared spectrometers for predicting beef composition and quality characteristics in the abattoir without meat sampling. *Meat Science*, 178(August 2020), 108518. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108518>
- Schiavon, S., Bona, M. D., Carcò, G., Carraro, L., Bungler, L., Gallo, L. (2018). Effects of feed allowance and indispensable amino acid reduction on feed intake, growth performance and carcass characteristics of growing pigs. *PLoS ONE*, 13(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195645>
- Schiborra, A., Bulang, M., Berk, A., Susenbeth, A., Schlecht, E. (2015). Using faecal near-infrared spectroscopy (FNIRS) to estimate nutrient digestibility and chemical composition of diets and faeces of growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.011>
- Van Milgen, J., Dourmad, J. Y., Taljaard, I., Van Milgen, J., Valancogne, A., Dubois, S., Dourmad, J. Y., Sève, B., Noblet, J., Dourmad, J. Y., Labussière, E., Garcia-Launay, F., Brossard, L., Nieto, R., Lara, L., Barea, R., García-Valverde, R., Aguinaga, M. A., Conde-Aguilera, J. A., Nieto, R. (2015). Calibration of a nutrient flow model of energy utilization by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 92(3), 1061–1073. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2395>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Yakubu, H. G., Kovács, Z., Vitális, F., Bázár, G. (2021). Near-infrared spectroscopy: Rapid and effective tool for measuring fructose content. *Elelmiszervizsgalati Közlemények*, 67(1), 3249–3268. <https://doi.org/10.52091/JFI-2021/1-1-ENG>
- Zhou, L. J., Zhang, L. Y., Zhang, E. X., Li, J. T., Yang, W. J., Wang, Z. Y. (2012). Rapid determination of swine available energy and amino acids in corn distillers dried grains with solubles by near-infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, 175(3–4), 198–202. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.06.001>

KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSÚ TOJÓTYÚKOK TOJÁSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA KIFUTÓS TARTÁSMÓDBAN

Miklós Alexandra¹, Takács Georgina¹, Budai Zoltán²,
Búza György², Zsédely Eszter¹

¹Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

²Bábolna Tetra Kft., 2943 Bábolna, Radnóti Miklós u. 16.

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban egyre jobban előtérbe kerül az alternatív tartásmódok alkalmazása a baromfitenyésztésben. Magyarországon az étkezési tojástermelésben is növekvő részarányt képviselnek ezek a tartásmódok. Viszont fontos az is, hogy egyre bővüljön azoknak a genotípusoknak a köre, amelyek jól alkalmazkodnak ezekhez a feltételekhez és hasonlóan magas termelési szintet és tojás minőséget tudnak elérni, mint ketreces tartásmódban. Ezért kísérletünkben a Bábolna Tetra Kft. alternatív tartásra alkalmas hibridjének fejlesztésébe kapcsolódunk be úgy, hogy kifutós tartásmódban termelő 4 genotípus (2 végtermék hibrid, 2 szülőpár genotípus) tojás minőségét teszteltük 30-60. élethét között 3 alkalommal. A vizsgált tulajdonságokat (tojás tömeg, tojás alkotók aránya, sárgája színe Roche skála alapján, táplálóanyag-tartalom, Haugh-egység, héj törőerő) egytényezős varianciaanalízissel értékeltük úgy, hogy a genotípus volt a fix faktor. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy az értékelt tulajdonságok alapján mind a 4 vizsgált genotípus megfelelő minőségű tojásokat termelt kifutós tartásmódban. Szignifikáns különbséget a törőerő alakulásában tapasztaltunk, legjobb eredményt az A genotípus érte el. Következésképpen elmondható, hogy a 4 genotípustól hasonló tojás minőség várható kifutós tartásmódban, a termelési tulajdonságokban lehet különbség közöttük.

ABSTRACT

Alternative production systems have been preferred in poultry breeding nowadays. The ratio of these systems in Hungarian table egg production has increased, too. However, it is important, that the range of genotypes improves and these hens can adapt well to these circumstances and achieve similar high production performance and egg quality like birds in cage system. Therefore, our experiment joined to the developing process of Bábolna Tetra Ltd., which aim was to evolve a new hybrid for alternative egg housing systems. We tested the egg quality of 4 genotypes (2 hybrids and 2 breed parents) in a barn with open yard production system between 30-60 weeks of ages 3 times. The measured parameters (egg weight, parts of egg ratio, yolk color by Roche-scale, nutrient content, Haugh-unit and eggshell breaking strength) were evaluated by one-way ANOVA when genotype was the fix factor. Our results stated that all 4 genotypes produced adequate egg quality according to the assessed parameters in this free run production system. Significant difference was found in egg shell strength, A genotype had the most favorable values. Our conclusion, that the tested 4 genotypes are expected to produce similar egg quality in free run system, production performance could be changed among them.

Bevezetés

A ketreces állattartás európai uniós tilalmát nagy többséggel megszavazta az Európai Parlament 2021-ben. Ez hazánkat is érzékenyen érinti, hiszen az étkezési tojástermelés Magyarországon 80%-ban ketreces tartásmódban történt a 2018-as adatok szerint (Csorbai és mtsai, 2019). A hagyományos ketreceket 2012-ig kellett EU konform változatra cserélni. Most egy évtizeddel később az újabb technológiaváltás jelentősen megterhelheti a termelés költségeit.

A technológiaváltás azonban összetett probléma. Mindenesetre a ketreces tartás elleni fellépés azt eredményezte, hogy számos alternatív tartásmód megjelent. Közös jellemzőjük, hogy a tyúkoknak van mozgásterük, kiélhetik természetes viselkedési formáikat (pl. kapirgálás) és a tojásaikat fészekbe tojják. A termelés lehet intenzív, félintenzív vagy extenzív is. Az eredményes tojástermeléshez fontos, hogy az alternatív tartásmódokhoz jól alkalmazkodó genotípusú tyúkok álljanak rendelkezésre. Ebbe a munkába kapcsolódtunk be különböző genotípusok tojás minőségét vizsgálva kifutós tartásmódban.

Anyag és módszer

A tojótyúk teljesítmény vizsgálat során 4 különböző genotípust (A, B, C, D) vizsgáltunk, amelyeket a Bábolna Tetra Kft. szakemberei választottak ki azon cél megvalósításához, hogy egy alternatív tartásmódra alkalmas hibrid kerüljön kialakításra. Az A és D genotípus végtermék hibrid, amely már kifejezetten az étkezési tojástermelésben használható, B és C genotípusok szülőpár tenyésztésből származtak, különböző vonalakat képviselnek.

A kifutóval rendelkező istállóban a négy genotípus madarai külön-külön fülkébe kerültek elhelyezésre, úgy hogy a fülkékben a telepítési sűrűség 7 madár/m² volt és egy fülkébe 100 tyúk került. Valamennyi fülkéhez 15 m²-es kifutó is tartozott, melyet a madarak szabadon használhattak napközben, csak éjszakára lettek bezárva. A takarmányozás valamennyi genotípus esetében azonos volt. A tyúkok a vizsgálat teljes időszakában tojótápot kaptak, melynek a főbb paraméterei a következők: 18% nyersfehérje, 11,40 MJ/kg ME, 3,84% Ca és 0,56% foszfor. A tojás minőségének vizsgálata a 30., 50. és 60. élethéten történt. A tojás tömeg, a tojás alkotók aránya, a sárgája színe Roche skála alapján és a táplálóanyag-tartalom az Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karán került meghatározásra, genotípusonként 10 mintából, míg a Haugh-egység és a héj törőerő mérésére a Bábolna Tetra Kft. uraiújfalui laborjában került sor, genotípusonként 20 tojással. A vizsgált tulajdonságokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük úgy, hogy a genotípus volt a fix faktor.

Eredmények és megbeszélés

Az életkor előrehaladtával a tojások átlagos súlya folyamatosan növekvő tendenciát mutatott, kivéve a B genotípusnál. Annak ellenére, hogy átlagosan a D genotípushoz tartozó tojások súlyánál figyelhető meg a legmagasabb érték (61-66 g), az élethetenként feljegyzett eredmények alapján a legnagyobb növekedést (58→66 g) mégis az A genotípushoz tartozó tojások mutatták. Valamennyi vizsgált tojás az M-es méretbe (53-63 g) tartozott. Ugyanakkor a két végtermék genotípus (A, D) a 60. élethéten már L-es átlagos méretű (63-73 g) tojásokat termelt. A genotípus alapján végzett variancianálízis szerint a C és D genotípusok között van szignifikáns különbség, de A és B nem különbözik egyiktől sem.

A tojás alkotók közül a tojásfehérje adatainál átlagosan a legmagasabb értéket a B genotípus mutatta (59,94%), míg a legalacsonyabbat a C genotípusnál mértük (57,88%). A tojássárgájánál a legnagyobb tojássárgájával rendelkező genotípus a C volt (27,47%), a legalacsonyabb pedig a B (25,32%). Az életkor előrehaladtával tendenciaszerű növekedés a két végtermék hibrid (A, D) esetében volt megfigyelhető. A héj aránya 12,91-14,58% között változott a mintákban, ami hasonló a Szentirmai és mtsai (2015) által publikált

12,1-14,4%-hoz. Összességében elmondható, hogy vizsgálatunkban a genotípus nem befolyásolta szignifikánsan a tojás alkotók arányát egyik vizsgált időpontban sem. Fizikai paraméterek közé tartozik a tojásnál a vér- és húsfoltok jelenléte. A vizsgált minták során ezeknek a jelenléte nem volt számottevő.

A tojássárgája színének alakulását értékelve azt találtuk, hogy a Roche skálán mind a négy genotípus élénksárga (11-13 közötti érték) színt mutatott, amely a hazai fogyasztók többségének megítélése szerint optimális szín. Átlagosan a legélénkebb színt az 50. élethéten tapasztaltuk, utána enyhe csökkenés következett be. Az eredmények alapján elmondható, hogy a takarmányban lévő színező anyagokra valamennyi genotípus hasonlóan reagált.

A tojás minőségét alapvetően befolyásolja a tojás táplálóanyag-tartalma. A szárazanyag tartalom genotípusonként és élethetenként is változó értékeket mutatott (1. táblázat). Valamennyi genotípusról elmondható, hogy nőtt az átlagos szárazanyag tartalom a 60. élethétre a 30. élethez képest. A legmagasabb értéket átlagosan a D genotípusú tojások (265,26 g/tojás), a legalacsonyabb szárazanyag tartalmat pedig a B genotípusú tojások mutatták (230,14 g/tojás).

1. táblázat

A tojás minták táplálóanyag-tartalmának (g/kg tojás) alakulása a tojástermelés különböző időpontjaiban

	A genotípus	B genotípus	C genotípus	D genotípus
30. élethét				
szárazanyag	235,8±6,42	222,1±9,15	228,8±2,95	228,6±8,69
fehérje	119,9±7,48	119,5±2,49	123,4±4,78	122,1±4,03
zsír	68,8±5,34	66,1±6,99	70,6±4,00	68,8±7,68
hamu	7,8±0,36	7,8±0,30	7,8±0,52	8,8±0,83
50. élethét				
szárazanyag	239,0±4,84	236,5±6,37	245,4±6,23	242,2±5,85
fehérje	121,5±2,46	122,4±3,25	127,8±4,05	126,2±4,13
zsír	77,5±4,05	78,7±2,87	76,4±5,19	73,8±3,72
hamu	7,7±0,34 ^b	8,1±0,59 ^b	8,1±0,36 ^b	8,9±0,61 ^a
60. élethét				
szárazanyag	243,4±4,61	231,8±9,57	243,3±9,20	236,9±9,26
fehérje	125,5±4,52	118,3±2,80	122,3±4,11	119,1±3,73
zsír	76,8±17,8	76,6±6,63	82,1±6,13	77,3±4,16
hamu	9,1±0,86	8,9±0,54	9,1±0,45	8,8±0,24

^{a,b}: a különböző betűvel jelölt értékek azonos soron belül min $p < 0,05$ szinten különböznek

A legnagyobb átlagos fehérjetartalma a C genotípusú tojásoknak volt (124,5 g/ kg tojás). Ezt követték az A és a D genotípus tojásai, amik közel azonos (122,3 g/ kg tojás és 122,4 g/kg tojás) értéket mutattak. Legalacsonyabb átlagos fehérjetartalmat a B genotípusnál mértünk (120,0 g/ kg tojás). A statisztikai elemzés szerint a három vizsgált időpontban nem volt szignifikáns különbség a genotípusok között.

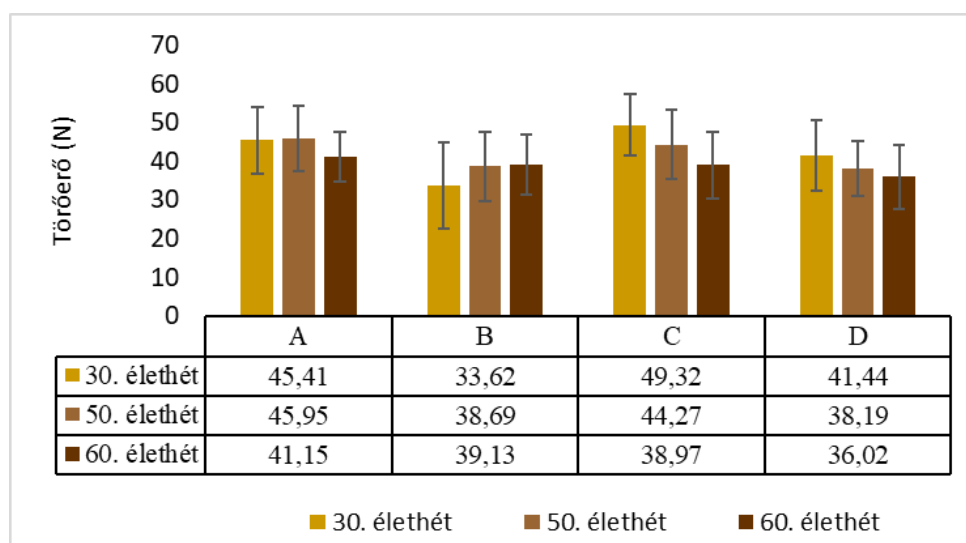
A fehérje mellett a tojásban lévő másik értékes táplálóanyag a zsír, amelynek mennyisége 66,12-82,11 g/kg tojás között alakult kísérletünkben (1. táblázat). A genotípusok között a 30, 50. és 60. élethéten 4,53; 4,89 és 5,54 g különbség figyelhető meg, vagyis az életkor előre haladásával nőtt a különbség, de nem volt szignifikáns egyik mintavételi időpontban sem. Szentirmai és mtsai (2015) Tetra Blanca tyúkok vizsgálatokor 9,4-10,3%

közötti értékeket kaptak 32-72 élethetes kor között és minimális változást tapasztaltak a 40 hetes termelési időszak alatt. Ugyanakkor Helyes (2019) a 34-66. élethét között a zsírtartalom kismértékű, átlagosan 8% körüli növekedését figyelte meg. Hasonló eredményt kapott Tetra SL hibridnél is, ugyanakkor a Tetra Tint tyúkoknál az életkor előre haladásával eltérően változott a zsírtartalom.

A vizsgált tojások hamu tartalma átlagosan 8,42 g/kg tojás, azaz 0,84% volt. Minimális eltérés mutatkozik a genotípusok között, 1,2 g vagy ennél kisebb a különböző mintavételi időpontokban. Nagyobb mértékű növekedés figyelhető meg a 30-60. élethét értékei között, kivéve a D genotípus eredményeit, mert ott szinte állandó volt az érték a vizsgált időszakban, és az 50. élethéten szignifikánsan nagyobb volt a hamutartalom, mint a másik 3 csoportban.

A tojás frissesség megállapítására a Haugh-egység és a fehérje magasságának értéke szükséges. Genotípusonként a 3 mintavételi időpont során a mért adatok átlagát tekintve az A genotípus tojásai mutatták a legkisebb fehérjemagasság értéket (7,24 mm). A B és a D genotípus tojásai átlagosan közel azonos értéket (7,72 mm és a 7,75 mm) adtak. A genotípusokat összehasonlítva összefoglalóan elmondható, hogy a fehérjemagasság nagyon szűk tartományban (6,91-8,10 mm) alakult, és nem találtunk szignifikáns különbséget a genotípusok között. A várakozásoknak megfelelően hasonló eredményét adott a Haugh egység adatsora is.

A törőerő eredményei alapján (1. ábra) elmondható, hogy a 30. élethéten a C genotípus tojásai esetében volt legnagyobb a törőerő (49,32 N), majd ezt követte az A és a D. Mindhárom csoportban (A, C, D) az életkor előre haladásával csökkent a törőerő, de az 50. és 60. élethéten az A genotípusnál volt nagyobb érték. Petričević és mtsai (2017) Tetra SL tyúkok vizsgálatakor az általunk mérthez hasonló értékeket kaptak, sőt a törőerő mindössze 1 N-al csökkent a 30 termelési hét (35-65. élethét) alatt. A két végtermék hibrid (A, D) közül az A tyúkok tudták jobban megőrizni a tojáshéj szilárdságát azonos takarmányozás mellett. Az értékek növekedését tapasztaltuk a B genotípusban, aminek az okát további vizsgálatokban érdemes elemezni, hiszen a tojás felhasználók számára kedvező változás.



1. ábra: A törőerő alakulása az életkor előrehaladtával genotípusonként

Következtetések és javaslatok

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a 4 vizsgált genotípustól hasonló tojás minőség várható kifutós tartásmódban, tehát a termelési teljesítmény befolyásolhatja, hogy melyiket érdemes alternatív tartásmódban tovább vizsgálni és egy új hibrid kialakításában felhasználni.

Irodalomjegyzék

- Csorbai A., Fodor Z., Kristóf B., Látits M., Molnár Gy. (2019): A magyar baromfiágazat helyzete 2018-ban. *Baromfiágazat*, 19.1. 10–16. p.
- Helyes, N. (2019): Különböző genotípusú tojóhibridek tojásainak vizsgálata egyes fizikai paraméterek és beltartalmi értékek alapján. Szakdolgozat, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár
- Petričević, V., Škrbić, Z., Lukić, M., Petričević, M., Dosković, V., Rakonjac, S., Marinković, M. (2017): Effect of genotype and age of laying hens on the quality of eggs and egg shells. *Scientific Papers-Series D-Animal Science*, 60. 166–170. p.
- Szentirmai, E., Milisits, G., Donkó, T., Ujvári, J., Áprily, S., Bajzik, G., Sütő, Z. (2015): Effect of starting body fat content of Leghorn-type laying hens on the changes in their body fat content, egg production and egg composition during the first egg laying period. *Poljoprivreda*, 21. Supplement. 195–198. p. <https://doi.org/10.18047/poljo.21.1.sup.46>

REPCEALAPÚ BENDŐVÉDETT ZSÍRKIEGÉSZÍTÉS HATÁSA HOLSTEIN-FRÍZ TEHENEK TEJZSÍR ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉRE

Süli Ágnes, Gémes-Matusek Krisztina, Tóth Violetta, Mikó Edit

Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely, Andrassy út 15.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásunk aktualitását a nagy teljesítményű holstein-fríz állományok optimális energia- és táplálóanyag-ellátás biztosításának állandó kihívása adta. Célunk olyan hazai előállítású bendővédett zsírkiegészítés kifejlesztése és gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata volt, amely a jelenleg elterjedt pálmaolaj alapú zsírkiegészítések kiváltására alkalmas lehet. Kísérleteink több különböző összetételű, repcealapú zsírkiegészítő, eltérő mennyiségben történő etetésének a tejsír zsírsav-összetételre gyakorolt hatásának vizsgálatára irányultak. A telített zsírsavak aránya csökkenő tendenciát mutatott, mind a két vizsgált laktációs számnál, mind a három blokkban, azonban statisztikailag igazolni csak az első laktációt teljesítő egyedeknél a 2. blokkban tudtuk. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak aránya minden kísérleti elrendezésben arányaiban növekedett, mind az első, mind a több laktációt teljesítő egyedeknél, de szignifikánsnak az első laktációt teljesítő egyedek 2. blokkja bizonyult. A többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálatánál egy kísérleti elrendezés esetében sem igazoltunk szignifikáns eltérést.

ABSTRACT

This study based on the challenge of optimal energy-, and nutrient supply for high-performance Holstein-Friesian dairy cattle. The goal of our study to develop and test of a rumen protected fat supplement based on rapeseed that could replace the palm oil based fat supplements. In our study we were aimed at examining the feeding of different compositions of rapeseed-based supplements with different amount. The SFA ratio decreased both for the two lactation numbers and in 3 blocks. but only the first lactation in 2. block proved to be significant. The total proportion of MUFA increased in all experimental setups, but only the 2nd block of the first lactation proved to be significant. In the examination of PUFA no significant difference was verified of any experimental arrangement.

Bevezetés

A pálmazsír nélkülözhetetlen eleme a magas tejtermeléssel bíró Holstein-fríz állományok takarmányadagjának. Azonban Európa importra szorul, termesztése természetvédelmi kérdéseket vet fel, továbbá tőzsdei termék is. Ezen tényezők egymással összefüggő rendszerben komoly gazdasági kérdéseket és lehetséges megoldási válaszokat indukálnak. A kutatásunk aktualitását a nagy teljesítményű holstein-fríz állományok optimális energia- és táplálóanyag-ellátás biztosításának állandó kihívása adta. Célunk olyan hazai előállítású bendővédett zsírkiegészítés kifejlesztése és gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata volt, amely a jelenleg elterjedt pálmaolaj alapú zsírkiegészítések kiváltására alkalmas lehet. A tejelő tehének takarmányadagjában alkalmazott zsírkiegészítések elsősorban, mint energiaforrások játszanak szerepet, azonban a termelés mellett a tej táplálóanyag tartalmát és a tejsír zsírsav-összetételét is befolyásolják (Murphy és mtsai., 2008, Givens és mtsai., 2009, Pavkovych és mtsai., 2015, Butler és mtsai., 2019). A repce, jelentős olaj-

növényünk és alternatívát jelenthet, a megfelelő technológia alkalmazásával, hogy bendővédett zsírkiegészítésként alkalmazzuk tejelő tehének takarmányadagjában. Zsírsv-összetétele jelentősen eltér a pálmaolajétól így nem csak, mint energiaforrás, hanem mint a tejsír zsírsv-összetételének módosítására is alkalmas takarmány-kiegészítő beszélhetünk róla (Butler és mtsai., 2019; Musayeva és mtsai., 2021).

Anyag és módszer

Kísérleteink több különböző összetételű, repcealapú zsírkiegészítő, eltérő mennyiségben történő etetésének vizsgálatára irányultak. Az etetések helyszíne egy intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telep volt, ahol a termelés folytonosságának fenntartása érdekében minden esetben alkalmazkodnunk kellett a telepi rendhez. A kísérletben részt vevő – a több laktációt teljesítő egyedek esetében - állatok döntően a 2-4 laktációjukat teljesítették, és a laktáció második szakaszában voltak (a termelői csoport egyedei a kísérlet megkezdésekor átlagosan a laktáció 185±63 napján voltak, az átlagos tejtermelés 37,95±7,14 kg volt). A 1. táblázatban a takarmány-kiegészítés adagjának ismertetése látható. A vizsgálatokat 2020. novembertől 2021. novemberig végeztük. A tejsír zsírsv-összetételének megállapítása céljából a zsírkiegészítők etetése alatt egyedi tejmintákat vettünk, amelyek időpontját minden alkalommal a fejéshez igazítottunk. A tejsír zsírsv-összetételének vizsgálatát a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karának Takarmány- és Tej Analitikai Laboratóriumában Shimadzu Nexis GC-2030-FID gázkromatográfval végeztük. Az statisztikai elemzéseket SPSS for Windows 22.0 programmal végeztük. A zsírkiegészítés fejlesztése és tesztelése több éven keresztül, több lépcsőben valósult meg. Jelen adatok ismertetése az alkalmazott kutatás részeredményeinek feldolgozására épült. Az alkalmazott kutatás célja adott cég technológiai fejlesztését szolgálta. Hivatkozva az iparjogvédelemre nem került feltüntetésre sem a cég neve, sem az általa forgalmazott termék neve, illetve a takarmány-kiegészítő pontos összetételének az ismertetése sem.

1. táblázat: Az etetett takarmány-kiegészítések

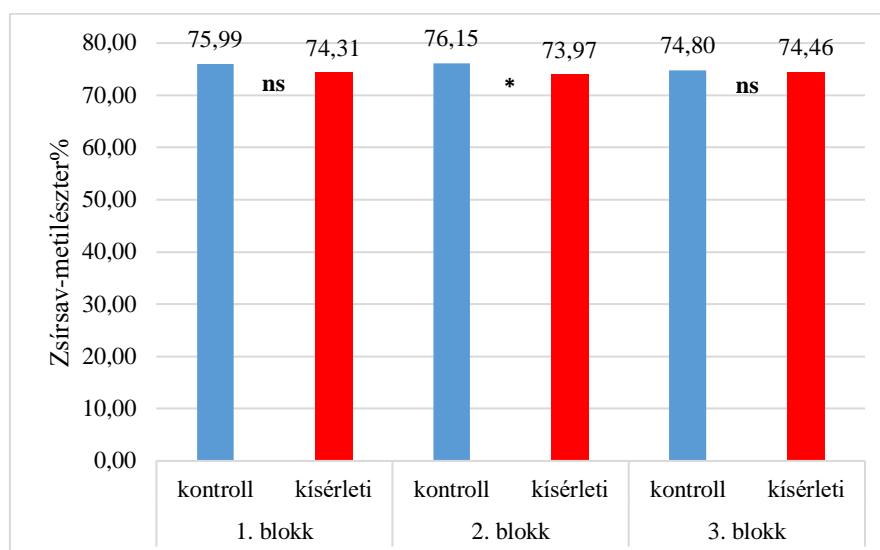
Kísérleti csoport	Kontroll csoport
1. blokk kísérleti elrendezés	
kombinált repce és bendővédett repce alapú takarmány- kiegészítő 1. kombinációja (300g/nap/egyed)	hagyományos pálmazsír alapú bendővédett zsírkiegészítés (300g/nap/egyed)
2. blokk kísérleti elrendezés	
kombinált repce és bendővédett repce alapú takarmány- kiegészítő 1. kombinációja (200g/nap/egyed)	hagyományos pálmazsír alapú bendővédett zsírkiegészítés (300g/nap/egyed)
3. blokk kísérleti elrendezés	
kombinált repce és bendővédett repce alapú takarmány- kiegészítő 2.* kombinációja (200g/nap/egyed)	hagyományos pálmazsír alapú bendővédett zsírkiegészítés (300g/nap/egyed)

*A bendővédett repce alapú takarmány-kiegészítő 1. és 2. között az összetételben van különbség.

Eredmények és megbeszélés

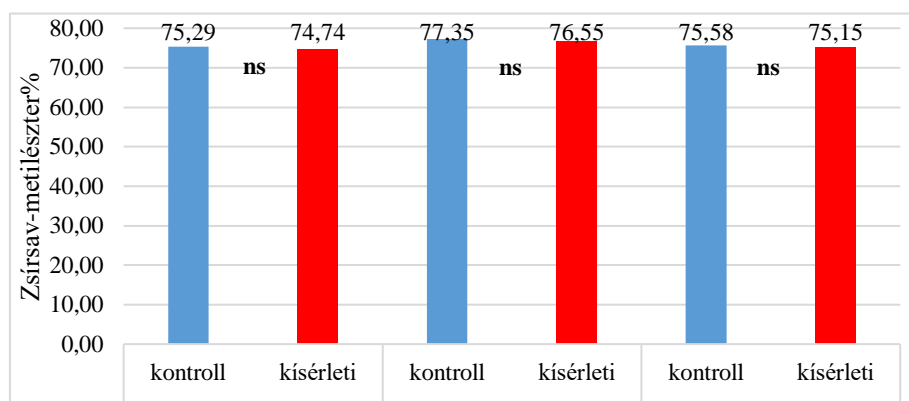
Annak eldöntésére, hogy a zsírkiegészítés hogyan befolyásolta a tejszír zsírsav-összetételét megvizsgáltuk a telített, egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavcsoportok egymáshoz való arányát a kontroll és kísérleti csoportban, blokkonként.

Az 1. ábra a telített zsírsavak alakulását ismerteti, blokkonként az egyszer ellett egyedeknél. A statisztikai vizsgálat a 2. blokk kontroll és kísérleti csoport összevetésekor igazolt eltérést.



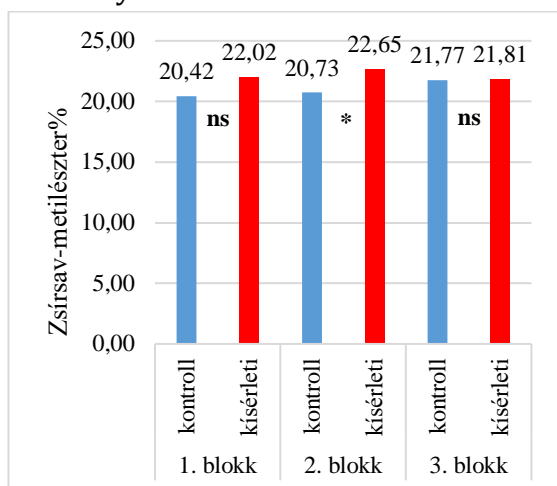
1. ábra: A tejszírban mért telített zsírsavak aránya blokkonként az egyszer ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)

Givens és mtsai. (2009) véleménye szerint a repce alapú takarmányok alkalmazása a tejelő tehenek takarmányadagjában csökkentheti a tejszír telített zsírsav arányát. A telített zsírsavakra vonatkozó eredményeink tendenciájukban összhangban voltak Givens és mtsai. (2009) adataival, akik kutatásukkal a repcét potenciális pálmaolaj helyettesítőként kezelték. A 2. ábra a telített zsírsavak változását mutatja be, blokkonként a több laktációt teljesítő egyedeknél. A statisztikai vizsgálat kontroll és kísérleti csoport összevetésekor nem igazolt eltérést.

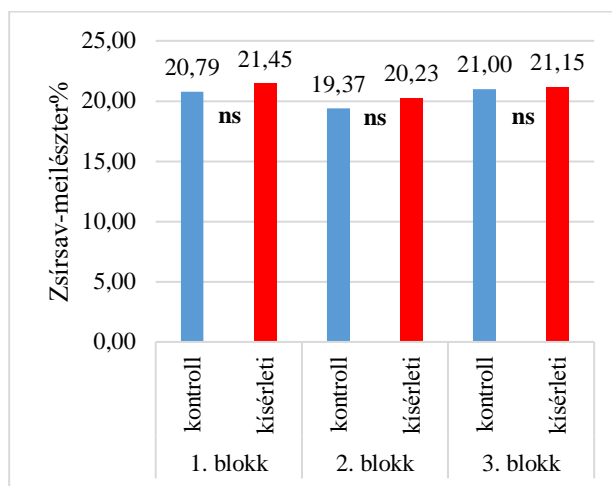


2. ábra: A tejszírban mért telített zsírsavak aránya blokkonként a többször ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)

Az egyszeresen telítetlen zsírsavcsoportok elemzését az első és a több laktációt teljesítő egyedeknél a 3. és 4. ábra ismerteti. Mind a két vizsgált laktációs számhoz tartozó egyedek esetében elmondható, hogy a kísérleti zsírkiegészítést kapott egyedek tejszírnak egyszeresen telítetlen zsírsavcsoportjai arányaiban nagyobb értéket képviseltek, azonban statisztikailag csak az első laktációt teljesítő egyedek esetében igazoltuk, a 2. blokk etetési elrendezésében. A tejszír zsírsavcsoportokban megfigyelhető változások az egyszeresen telítetlen zsírsavak esetében a repce nagy olajsav tartalmára vezethető vissza, többek között. Adataink hasonló tendenciát mutattak Murphy és mtsai. (1995 a, b) eredményeivel.

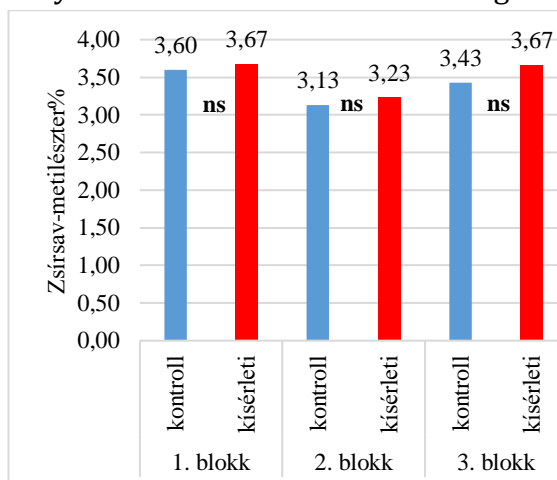


3.ábra: Egyszeresen telítetlen zsírsavak arányának változása blokkonként az egyszer ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)

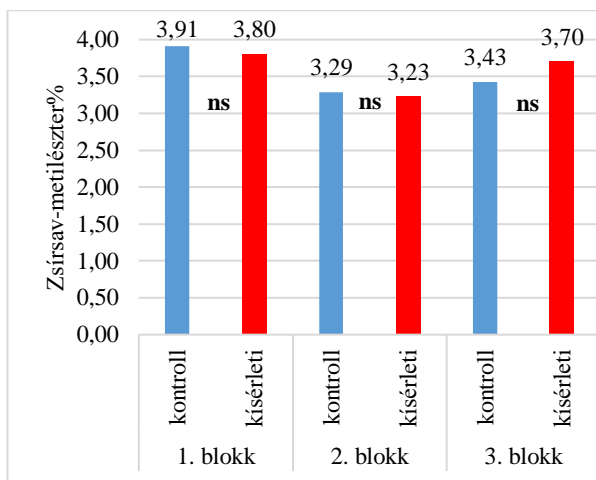


6.ábra: Többszörösen telítetlen zsírsavak arányának változása blokkonként a többször ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)

A többszörösen telítetlen zsírsavak alakulását az első és a több laktációt teljesítő egyedeknél az 5. és a 6. ábra mutatja be. A többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálata az első és a több laktációt teljesítő egyedeknél jelentős eltéréseket mutatott, azonban egy esetben sem volt szignifikáns az eredmény. Ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy szemben a telített és egyszeresen telítetlen zsírsavak adataival, két esetben a kontroll csoport eredményei mutatták az elvárásainkhoz igazodó értékeket.



5.ábra: Többszörösen telítetlen zsírsavak arányának változása blokkonként az egyszer ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)



6.ábra: Többszörösen telítetlen zsírsavak arányának változása blokkonként a többször ellett egyedeknél ($P \leq 0,05$)

Következtetések és javaslatok

A telített zsírsavak aránya csökkenő tendenciát mutatott, mind a két vizsgált laktációs számnál, mind a három blokkban, azonban statisztikailag igazolni csak az első laktációt teljesítő egyedeknél a 2. blokkban - kombinált repce és bendővédett repce alapú takarmány-kiegészítő 1. kombinációja - tudtuk. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya minden kísérleti elrendezésben arányaiban növekedett, mind az első, mind a több laktációt teljesítő egyedeknél, de szignifikánsnak az első laktációt teljesítő egyedek 2. blokkja bizonyult. A többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálatánál egy kísérleti elrendezés esetében sem igazoltunk szignifikáns eltérést. A zsírkiegészítés etetett mennyiségének tárgyalásakor – csak a tejszír zsírsav-összetétel alakulásának eredményei alapján – a 200 g/nap/egyed mennyiség 300 g/nap/egyed mennyiségre történő emelése nem indokolt. Tekintettel arra, hogy a tejszír zsírsav-összetételét és a termelt tej egyes paramétereit több tényező egymással összefüggésben befolyásolja, további vizsgálatokat folytatunk a zsírkiegészítő alkalmazásával.

Irodalomjegyzék

- Butler, G., Stergiadis, S., Chatzidimitrou, E., Franceschin, E., Davis, H. R., Leifert, C., Steinschamn, H. (2019): Differing responses in milk composition from introducing rapeseed and naked oats to conventional and organic dairy diets. *Scientific Reports*. 9. 1. 8115. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44567-8>
- Givens, D. I., Kliem, K. E., Humphries, D. J., Shingfield, K. J., Morgan, R. (2009): Effect of replacing calcium salts of palm oil distillate with rapeseed oil, milled or whole rapeseeds on milk fatty-acid composition in cows fed maize silage-based diets. *Animal*. 3. 7. pp. 1067–1074. <https://doi.org/10.1017/S175173110900442X>
- Murphy, J. J., Conolly, J. F., McNeil, G. P. (1995a): Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapeseed and maize distillers grains on grass-silage based diets. *Livestock Production Science*. 44. 1. pp. 1–11. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00049-Q](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00049-Q)
- Murphy, J. J., Conolly, J. F., McNeil, G. P. (1995b): Effects of performance and milk fat composition of feeding full fat soyabeans and rapeseeds to dairy cows at pasture. *Livestock Production Science*. 44. 1. pp. 13–25. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(95\)00048-P](https://doi.org/10.1016/0301-6226(95)00048-P)
- Murphy, J. J., Coakley, M., Stanton, C. (2008): Supplementation of dairy cows with fish oil containing supplement and sunflower oil to increase the CLA content of milk produced at pasture. *Livestock Science*. 116. pp. 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.02.003>
- Musayeva, K., Sederevicius, A., Monkeviciene, I., Zymantiene, J., Oberauskas, V., Kerziene, S., Baltusnikiene, A., Cernauskiene, J., Zelvyte, R. (2021): Milk fatty acid profile in cows as influenced by diet supplementation with rapeseed pomace and extruded full-fat soya in different feeding periods. *Acta Veterinaria Brno*. 90. pp. 27-34. <https://doi.org/10.2754/avb202190010027>
- Pavkovych, S., Vovk, S., Kruzhel, B. (2015): Protected lipids and fatty acids in cattle feed rations. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 14. 3. 3–14.

PECSENYEKACSAK HÍZÁSI TELJESÍTMÉNYE KORAI METIONINKIEGÉSZÍTÉS ESETÉN

Szeli Nóra¹, Ács Virág¹, Áprily Szilvia², Nagy József³, Tossenberger János¹, Kacsala László¹, Vipler-Szénási Alexandra¹, Tischler Annamária¹, Halas Veronika¹

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszék, Kaposvári Campus, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., ²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Intézet Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék, Kaposvári Campus, Kaposvár Guba S. u. 40., ³AVI-VET Kft., 7400 Kaposvár, Beszedes József u. 42

ÖSSZEFOGLALÁS

Kísérletünkben korai takarmányozással biztosított metioninkiegészítés hatását vizsgáltuk a hízási teljesítmény és takarmányértékesítés vonatkozásában. Célunk volt, hogy értékeljük a korai aminosav kiegészítés két formájának, az embrionális korban, in ovo módszerrel, valamint napos korban biztosított metioninkiegészítés hatékonyságát. A vizsgálatot összesen 620 Cherry Valley húshibrid kacsatojással, a tojások keltetésével indítottuk. A kezeléseket úgy alakítottuk ki, hogy pozitív kontrollnak tekintettük azt a csoportot, mely a kelés után azonnal telepítésre került és takarmányhoz jutott. A korai metioninellátásban részesült csoportok esetében az első szilárd takarmány felvételére csak a kelés után 36 órával volt lehetősége a madaraknak. Az in ovo kezelést a kelés 25. napján végeztük, a napos madarak esetében a metioninkiegészítést gél állagú takarmánykiegészítőhöz keverve biztosítottuk a kacsák számára a vizsgálat első két napján. A kísérlet során egyedileg mértük a madarak élősúlyát és fülkénként a takarmány fogyasztást, melyből takarmányértékesítést számoltunk. Adatainkat varianciaanalízissel értékeltük. Eredményeink azt igazolták, hogy az in ovo kezelés, akár fiziológiás sóoldat, akár metionintartalmú sóoldat, növelte a madarak kelési súlyát ($P < 0,05$), de ez az előny a 21. napra már nem maradt meg. A takarmányértékesítés esetében nem volt szignifikáns hatása a kezelésnek ($P > 0,05$). A vizsgálatunk alapján úgy tűnik, hogy a pecsenyekacsák naposkori súlyát növeli az in ovo kezelés, de ez valószínűleg a madarak hidratációjának köszönhető. A metionin sem embrionális korban, sem napos korban biztosítva nem javította a pecsenyekacsák hizlalási teljesítményét.

ABSTRACT

In our experiment, the effect of methionine supplementation provided by early feeding on growth performance and feed conversion was examined. Our goal was to evaluate the effectiveness of two forms of early amino acid supplementation, i.e. methionine supplementation provided at the embryonic age, using the in ovo method, and day-old. The study was conducted with a total of 620 Cherry Valley meat type hybrid duck eggs and started with hatching the eggs. The experimental treatments were designed in such a way that a group was immediately placed to the barn post hatch and had access to feed, was considered a positive control. In the case of the groups receiving early methionine supply, the birds had the opportunity to take the first solid feed only 36 hours post hatch. The in ovo treatment was carried out on the 25th day of hatching, and in the case of day-old birds, the methionine enriched hydrogel feed supplement was provided to the ducks on the first two days of the study. During the experiment, live weight of the birds was measured individually, and the feed consumption per pen, from which feed conversion ratio was calculated. Analysis of variance was used for data evaluation. Our results confirmed that the in ovo treatment, either physiological saline or saline containing methionine, increased the hatching weight of the ducklings ($P < 0.05$), but this advantage did not remain on the 21st day of age. Feed conversion was not affected by dietary treatments ($P > 0.05$). Based on our study, it seems that the as hatch weight can be improved by in ovo treatment, but this is likely due to the hydration of the birds. Early methionine supplementation, either provided at the late embryonic or at day-old age, did not improve the growth performance of broiler ducks.

Bevezetés

A baromfifajok közül a fiatalkori növekedési erély tekintetében a pecsenyekacsák genetikai előrehaladása az elmúlt évtizedekben nagyon intenzív volt. Ennek köszönhetően a mai húshibridek, héthetes korukra több, mint 3 kg élősúlyt érnek el rendkívül kedvező takarmányértékesítés mellett, hiszen a teljes hízalás alatt 1 kg élősúlyra vetítve csupán 2,1-2,2 kg takarmányt fogyasztanak. Ezért joggal merül fel a kérdést, hogy a korai takarmányozási módszerek milyen mértékben támogatják a kacsák teljesítményét. A témában pecsenyekacsa vonatkozásában csak kevés adat áll rendelkezésre, míg a brojlercsirkék esetében igazolást nyert, hogy 36-48 órás késleltetés az első takarmányfelvételben, jelentősen csökkenti a hízalási teljesítményt és a madarak ellenállóképességét.

A korai életszakaszban bekövetkező, takarmánymegvonásból származó stressz olyan negatív következményekkel jár, aminek kompenzálására több úgynevezett korai takarmányozási módszert is kidolgoztak. Ezek közül az első, a hidrogél alkalmazása volt. A hidrogélt a 90'-es évek végén fejlesztették ki abból a célból, hogy a telepítés előtt, vízhez és szénhidráthoz juttassák a madarakat. Kutatások bizonyítják, hogy a hidrogél fogyasztása előnyös lehet a testtömeggyarapodásra és az emésztőrendszer fejlődésére (Areaer és mtsai., 2020). Dibner és mtsai. (1998) vizsgálatában az első 3 életnapjukban csak hidrogélt fogyasztó brojlerek esetében a bursa fabricii a vizsgálat végén (6 hetes korban) fejlettebb, tömege szignifikánsan nagyobb volt, valamint az IgA szint is magasabb volt azokhoz képest, amik nem jutottak sem hidrogélhez, sem takarmányhoz a korai időszakban. A korai takarmányozás egy másik, de a gyakorlatban még nem igazán elterjedt módja az úgynevezett *in ovo* takarmányozás. Az *in ovo* táplálás az embionális fejlődés során alkalmazott módszer, melynek célja a késői madárembrió speciális táplálóanyagokkal való ellátása (Cardeal és mtsai., 2015). Számos brojlerekkel végzett vizsgálat igazolta, hogy az *in ovo* szénhidrát kiegészítés a keltetés 17. napján javítja a hízalási teljesítményt (Jha és mtsai., 2019).

Az idevonatkozó irodalmi adatok arra utalnak, hogy speciális táplálóanyagokkal, elsősorban a korai időszakban biztosított aminosavakkal, melyek kulcsszerepet játszanak a bél, illetve az immunrendszer fejlődésében, a tápcsatorna fejlődése jelentősen támogatható és a késői takarmányfelvételtől adódó negatív hatások csökkenthetők. A baromfi esetében a kéntartalmú aminosavak kiemelt jelentőséggel bírnak. A metionin esszenciális, gyakran elsődlegesen limitáló aminosav a baromfi számára. Ismert, hogy a metioninkiegészítés javíthatja a hústípusú baromfi súlyát és a karkasz minőségét (Esteve-Garcia és Mack, 2000; Lemme és mtsai., 2002; Vieira és mtsai., 2004). A metioninhiány csökkenti a fehérje arányát a testben, a tollazat növekedését, és gyengíti az immunfunkciót brojlerek esetében (Zhao és mtsai., 2018).

Kísérletünkben korai takarmányozással biztosított metioninkiegészítés hatását vizsgáltuk a hízási teljesítmény és takarmányértékesítés vonatkozásában. Célunk volt, hogy értékeljük a korai aminosav kiegészítés két formájának, az embionális korban, *in ovo* módszerrel, valamint napos korban biztosított metioninkiegészítés hatékonyságát.

Anyag és módszer

A vizsgálatot a MATE Élettani és Takarmányozási Intézet Gazdasági Állatok Takarmányozása Tanszéken végeztük összesen 620 Cherry Valley húshibrid kacsá keltetőtojással. A tojásokat 7 kezelésbe soroltuk és a keltetőben már a kísérleti csoportnak megfelelően helyeztük el. A keltetés a tenyésztő cég ajánlásának megfelelően végeztük (Cherry Valley, 2017). A csoportokat az alábbiak szerint alakítottuk ki: pozitív kontrollnak tekintettük azt a két csoportot, melyek a kelés után azonnal telepítésre kerültek és takarmányhoz jutottak.

Az *A csoportba* tartozó tojásoknál nem, a *B csoport* tojásainál in ovo beavatkozást végeztünk, a tojásokba fiziológiás sóoldatot fecskendeztünk a keltetés 24. napján. A *C-D-E-F-G csoportok* tojásaiból kikelt kacsák a leszedés után 36 órával kerültek telepítésre, szilárd takarmányhoz is ekkor jutottak először. A *C*, az *F* és *G csoportba* sorolt tojásoknál nem volt in ovo beavatkozás, a *D* és *E csoportba* sorolt tojásoknál fiziológiás sóoldat és metioninnal dúsított (0,5%-os cc DL-metionin) fiziológiás sóoldat (0,5 ml/tojás) került befecskendezésre a keltetés 24. napján. Az oldatokat minden esetben lámpázás mellett az embrió megsértése nélkül az amnionba injektáltuk. Az *F kezelés* esetében a kacsák a 36 órás várakozás során kereskedelmi forgalomban kapható gél állagú takarmánykiegészítőt, a *G csoport* esetében a hidrogél metioninnal dúsított (0,5% DL-metionin) változatát kapták a vizsgálat első két napján.

A napos kacsákat a leszedés után a kloáka kifordításának módszerével ivar szerint szétválasztottuk, a gácsérokat az úszóhártya bemetszésével megjelöltük. A madarakat mélyalmos fülkékben, azonos ivararányval random módon helyeztük el (9 madár/fülke, 8 fülke/kezelés). Az állatokat a kísérlet alatt önetetőkből *ad libitum* takarmányoztuk, valamint ivóvíz az önitatókból szükség szerint állt rendelkezésre. A nevelési szakaszban 2 fázisos takarmányozást alkalmaztunk, indítótápot 1-21. életnap, nevelőtápot 22-42. életnap között kaptak. A takarmányok táplálóanyag tartalma a tenyésztő javaslatának megfelelő volt. A kacsák a 21. életnapon egyedi azonosítót, a szárnyredőbe helyezett szárnyszámot kaptak. A madarak egyedi élőtmegét a kelés napján, a 48. órás telepítéskor, takarmányváltáskor, valamint a kísérlet végén mértük (1., 3., 21., 421. nap).

A kísérleti adatok statisztikai értékelését az élősúly és az átlagos napi súlygyarapodás esetében kéttényezős, a takarmányfelvétel és a takarmányértékesítés esetében egytényezős variancia-analízissel végeztük el (SAS, 2014). Szignifikáns kezeléshatás esetén a kezelések közötti eltérések statisztikai megbízhatóságát Tukey-teszttel ellenőriztük (SAS, 2014).

Eredmények és megbeszélés

A vizsgálati csoportok teljesítményét az 1. és 2 táblázat mutatja. A kelési súlyban a kezelés hatása szignifikáns ($P < 0,05$) volt, az in ovo kezelésből származó csoportok nagyobb súlyúak voltak azokhoz a társaikhoz képest, melyek nem részesültek kezelésben a keltetés alatt. Ez valószínűleg azzal állhat összefüggésben, hogy az in ovo kezelések esetén jobb a madarak hidratáltsági állapota, hiszen nem sokkal a tojásból való kibújás előtt 0,5 ml vízhez jutottak. Eredményeink szerint az ivar nem befolyásolta a kelési súlyt ($P > 0,05$).

A kacsák függetlenül a kísérleti kezeléstől azonos élősúlyúak voltak a 36 órás éheztetést követően. Azok a madarak azonban, melyek azonnal telepítésre kerültek, ezektől szignifikánsan nagyobbak voltak ($p < 0,05$). A kezdeti előny az azonnal telepített csoportok esetében a hizlalás végére elveszett, a 42. életnapon a csoportok között nem volt statisztikailag igazolható különbség ($P > 0,05$). Az a két csoport, amelyek hidrogélt kaptak közvetlen a kelés után, telepítéskor (keléstől számított 36 óra) kisebb súllyal rendelkeztek, mint a két kontroll csoport madarai (A, B), sőt, ugyanúgy veszítettek súlyukból, mint azon társaik, amik nem kaptak sem takarmányt, sem hidrogélt. Az azonnali takarmányfelvétel tehát messze a leghatékonyabb módszer a napos baromfi intenzív növekedésének támogatására.

Azt is ki kell emelni, hogy a kacsák jóval kevesebbet fogyasztottak a szállítóládában biztosított gélből, mint amennyit a takarmányból fogyasztottak. A 21. életnapra már nem jelentett egyértelmű előnyt, hogy az A és B csoport a kelés után azonnal takarmányhoz jutott, mert az élősúlyok a C, F és G csoportban lévő madarakhoz képest már nem különböztek. A teljes hizlalás alatt a legnagyobb súlyú madarak a nem kezelt, azonnal telepített csoportban voltak (hímivar), míg a legkisebb súlyúak meglepő módon a metioninnal kiegészített hidrogélt fogyasztó csoportban.

1.Táblázat: A kezelések hatása a pecsenyekacsák súlyra (g) és az átlagos súlygyarapodásra (g/nap)

	Kezelés							Ivar		P -érték	
	A	B	C	D	E	F	G	♀	♂	ivar	kezelés
	Élősúly (g)										
0. nap	58,9a	60,2b	60,1a	60,5b	60,9b	59,1a	60,3b	59,6	60,4	0,08	0,04
36h	69,9b	69,0b	55,2a	55,3a	55,4a	54,1a	55,1a	58,8a	59,5	0,06	<0,001
21. nap	1584b	1595b	1541ab	1499a	1539ab	1544ab	1506a	1523	1566	0,0005	0,0003
42. nap	3781a	3791a	3842a	3812a	3805a	3718a	3695b	3727	3828	0,0004	0,1
	Átlagos napi súlygyarapodás (g/nap)										
0-2. nap	11,0c	8,5b	-5,2a	-5,0a	-5,5a	-4,9a	-5,3a	-0,8	-1,0	0,49	<0,001
1-21. nap	73,5b	74,1b	71,2ab	69,6a	70,9ab	71,1ab	69,5a	70,5	72,3	0,0036	0,0003
22-42. nap	109,2a	109,7ab	115,0b	115,3b	112,8ab	110,4ab	109,7ab	110,8	112,7	0,11	0,03
1-42. nap	91,6a	91,2ab	93,1b	91,1b	91,5ab	89,6ab	89,0ab	89,8	92,3	0,001	0,23

A: telepítés után azonnali takarmány hozzáférés, *in ovo* kezelés nem volt; B: telepítés után azonnali takarmány hozzáférés, *in ovo* sóoldat; C: telepítés 36 óra késleltetéssel, *in ovo* kezelés nem volt; D: telepítés 36 óra késleltetéssel, *in ovo* sóoldat; E: telepítés 36 óra késleltetéssel, *in ovo* metioninkiegészítés; F: telepítés 36 óra késleltetés, *in ovo* kezelés nem volt, hidrogél kiegészítés a telepítésig; G: telepítés 36 óra késleltetéssel, *in ovo* kezelés nem volt, metionintartalmú hidrogél kiegészítés a telepítésig gél, AS (metionin)

2.Táblázat: A kezelések hatása a takarmányfelvételre és a kacsák takarmány értékesítésére

	Kezelés							P-érték	RMSE
	A	B	C	D	E	F	G		
Takarmányfelvétel (g/nap)									
0–2. nap	4,3a	4,1a	0b	0b	0b	0b	0b	<0.001	1,84
1–21. nap	99,3a	100,3a	97,8a	88,2b	95,3a	93,4ab	94,2ab	0,47	15,49
22–42. nap	272,7	269,7	266,2	270,6	260,9	265,9	258,1	0,04	1,28
1–42. nap	178,8	177,0	172,4	169,5	169,6	170,0	169,2	0,13	0,29
Takarmányértékesítés (kg/kg)									
1–21. nap	1,34	1,35	1,38	1,26	1,33	1,35	1,34	0,12	8,45
22–42. nap	2,52	2,55	2,30	2,54	2,30	2,21	2,33	0,13	0,07
1–42. nap	1,99	2,00	1,90	1,95	1,88	1,83	1,90	0,28	0,15

A: telepítés után azonnali takarmány hozzáférés, in ovo kezelés nem volt; B: telepítés után azonnali takarmány hozzáférés, in ovo sóoldat; C: telepítés 36 óra késleltetéssel, in ovo kezelés nem volt; D: telepítés 36 óra késleltetéssel, in ovo sóoldat; E: telepítés 36 óra késleltetéssel, in ovo metioninkiegészítés; F: telepítés 36 óra késleltetés, in ovo kezelés nem volt, hidrogélkiegészítés a telepítésig; G: telepítés 36 óra késleltetéssel, in ovo kezelés nem volt, metionintartalmú hidrogél kiegészítés a telepítésig

Következtetések és javaslatok

A vizsgálatunk eredménye alapján a pecsenyekacsák keléstől számított 36 órás késleltetett telepítése nem okoz lemaradást 6 hetes hizlalás esetén. Az *in ovo* kezelés növeli a kacsák naposkori súlyát, ami valószínűleg a madarak hidratációjának köszönhető. A metionin sem embrionális korban, sem napos korban biztosítva nem javította a hizlalási teljesítményt.

Köszönetnyilvánítás

A kísérlet a GINOP-2.2.1-18-2020-00031 azonosítószámú „Determináns, hiperintenzív baromfi-hústermelő fajok fehérje és aminosav ellátásának optimalizálása emészthető táplálóanyag alapon, in line eljárással az immunkompetencia javításával” című projekt keretében valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Areaer, A. H.; Abdalsada, S. A. and Al-Saeegh, A. A. R. (2020): Influence of fasting and early feeding by using Hydro-Gel 95 after hatching on the villi of intestine (duodenum) of Broiler Ross 308. *Plant Archives* 20(2): 5272–5276. <https://doi.org/10.37575/b/agr/2154>
- Cardeal, P. C.; Caldas, E. O. L.; Lara, L. J. C.; Rocha, J. S. R.; Baiao, N. C.; Vaz, D. P. and Da Silva Martins, N. R. (2015): In ovo feeding and its effects on performance of newly-hatched chicks, *World's Poultry Science Journal*, Vol. 71(04): 655–662. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002445>

- Dibner, J. J., Knight, C. D., Kitchell, M. L., Atwell, C. A., Downs, A. C. and Ivey, F. J. (1998): Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry, *J. Appl. Poultry Res.*, 7: 425–436. <https://doi.org/10.1093/japr/7.4.425>
- Ebrahimi, M.; Janmohammadi, M. H.; Daghigh Kia, H.; Moghaddam, G.; Rajabi, Z.; Abbas Rafat, S. and Javanmard, A. (2017): The effect of L-lysine in ovo feeding on body weight characteristics and small intestine morphology in a day-old Ross broiler chicks, *Revue Méd. Vét.*, 2017, 168(4–6): 116–124.
- Elwan, H.; Elnesr, S.; Xu, Q.; Xie, C.; Dong, X. and Zou, X. (2019): Effects of in ovo methionine-cysteine injection on embryonic development, antioxidant status, IGF-I and TLR4 gene expression, and jejunum histomorphometry in newly hatched broiler chicks exposed to heat stress during incubation, *Animals*, 9(1): 25. <https://doi.org/10.3390/ani9010025>
- Esteve-Garcia, E. and Mack, S. (2000): The effect of DL-methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 87(1–2): 85–93. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00174-7)
- Jha, R.; Singh, A. K.; Yadav S.; Berrocosso, J. F. D. and Mishra, B. (2019): Early nutrition programming (in ovo and post-hatch feeding) as a strategy to modulate gut health of poultry. *Front. Vet. Sci.* 6(82): <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00082>
- Lemme, A.; Hoehler, D.; Brennan, J. J. and Mannion, P. F. (2002): Relative effectiveness of methionine hydroxy analog compared to DL-methionine in broiler chickens, *Poultry Science*, 81(6): 838–845. <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.838>
- Uni, Z.; Ferket, P. R. (2003): Enhancement of development of oviparous species by in ovo feeding, North Carolina State Univ, Raleigh, NC, Yissum Research Development Company of the Hebrew Univ of Jerusalem, Jerusalem, IL, assignees. US Pat. No. 6,592,878. Washington, DC: US Patent and Trademark Office
- Vieira, S. L.; Lemme, A.; Goldenberg, D. B. and Brugalli, I. (2004): Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels, *Poultry Science*, 83(8): 1307–1313. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1307>
- Willemsen, H.; Debonne, M.; Swennen, Q.; Everaert, N.; Careghi, C.; Han, H. (2010): Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 2010; 66(02):177–88. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000243>
- Zhao, L.; Zhang, N. Y.; Pan, Y. X.; Zhu, L. Y.; Batonon-Alavo, D. I.; Ma, L. B.; Ma and Sun, L. H. (2018): Efficacy of 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid compared to DL-Methionine on growth performance, carcass traits, feather growth, and redox status of Cherry Valley ducks, *Poultry science*, 97(9): 3166–3175. <https://doi.org/10.3382/ps/pey196>

A TALPFEKÉLY KIALAKULÁSA ÉS A TAKARMÁNYOZÁS KÖZÖTTI KAPCSOLAT

Tóth Márk¹, Pap Tibor², Kiss Brigitta¹, Kovács-Weber Mária², Erdélyi Márta¹

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem; Takarmánybiztonsági Tanszék; Gödöllő; Páter Károly u. 1, 2100, ²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem; Állattenyésztés-technológiai és Állatjóléti Tanszék; Gödöllő, Páter Károly u. 1, 2100

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban a nagyüzemi brojlercsirke tartás fő problémája a talpfekély (FPD) kialakulása és a hozzá kapcsolódó termelés és bevétel kiesés. A brojlercsirke harmadik legértékesebb része a láb. Ráadásul az FPD-ben szenvedő állatok kevesebbet esznek, isznak és mozognak, romlanak a természetes mutatóik, amelyek következtében komoly bevételkiesés realizálódik. Az FPD kialakulásában több tényező egyénileg, illetve kombinálódva játszik szerepet: genetika, menedzsment, takarmányozás. Ezen cikkben az FPD kialakulásának takarmányozási okait tekintjük át. A nagy oldható rost (NSP) tartalommal rendelkező takarmányok, a túl alacsony energiakoncentráció vagy a fehérje túletetés, az alom minőségén keresztül fejt ki káros hatást. Egyes ásványi anyagok (Na, K, Cl) többlet vízfelvételt, ezzel az alom elnedvesedését okozzák, míg mások (Zn, Cu, Mn) hiánya a hámszövetben kifejtett hatásán keresztül járulhat hozzá a talpfekély kialakulásához.

ABSTRACT

Nowadays, the occurrence of foot pad dermatitis and the associated loss of production and income are a major problem in intensive broiler chicken production. The third most valuable part of a broiler chicken is the legs. In case of FPD losses are realised as animals with foot pad dermatitis (FDP) eat, drink and move less and their performance is reduced which causes serious loss of income. Development of the FPD and its frequency are influenced by several factors individually or in combination: genetics, management, feeding. In this article, we review the feeding causes of the development of FDP. Feedstuffs, rich in soluble NSP substances, low energy concentration in the diet or luxury protein supply lead to low quality of the litter predisposing birds for FPD. Some minerals (Na, K, Cl) stimulates water consumption, while deficiency of others (Zn, Cu, Mn) affect epithelial tissue development and thus might provoke FPD.

Bevezetés

A talpfekély (food pad dermatitis (FPD) vagy contact dermatitis) baromfi fajokra jellemző gyulladás, amely leggyakrabban a brojlercsirke és pulyka állományokat érinti. Ez - az elsődlegesen a lábpárna elváltozásait okozó betegség - a felületestől a mélyebb bőrrétegig terjedhet és súlyosságától függően közvetlenül, vagy közvetetten jelentős veszteségeket okozhat a termelésben (Pié Orpí, 2020).

A talpfekély hazánkban a brojlercsirke és pulyka ágazatban gyakori probléma. Mivel a láb a brojlercsirke harmadik legértékesebb része, ezért a talppárnák állapota különösen fontos a termelés gazdaságossága szempontjából. Emellett az érintett állatok rendszerint nehezebben mozognak, ezért kevesebbet isznak és esznek, amely a termelési paraméterek romlását is eredményezi. Továbbá a felpuhult, gyulladt talppárnák másodlagos fertőzések kiindulópontjai lehetnek, kieséseket okozhatnak tovább növelve a gazda veszteségeit. Mindezek alapján a megelőzés kiemelkedő jelentőségű feladat.

Az FPD kialakulásában eddigi ismereteink alapján számos - genetikai, tartástechnológiai és takarmányozási - tényező játszik szerepet. Ezek többsége önmagában is felelős lehet az elváltozás állomány szintű megjelenéséért, de rendszerint egymással kombinálva jelentkeznek. (Hess, 2011). A legfontosabb tényezők az állomány sűrűség; az istálló mikroklímája (a terem hőmérséklete, páratartalma és a szellőztetés); az alom fizikai és mikrobiológiai állapota (az alomanyag típusa, higiéniai állapota és az alom mélysége); egyes tartástechnológiai elemek – elsősorban az itatók – típusa és beállítása; a takarmányösszetétel (egyes táplálóanyagok túlzott mennyisége, mások hiánya); ehhez kapcsolódóan a bélcsatorna, bélflóra állapota; valamint a genotípus és az ivar (Swiatkiewicz, 2017; Amer, 2020; Jim, 2020).

Ezen belül a takarmányozásnak kiemelkedő jelentősége van, mivel befolyásolja a vízfelvételt, a ürülék konzisztenciáját, nedvesség-tartalmát, viszkozitását és ezáltal az alom minőségét (Swiatkiewicz, 2017). Az alábbiakban az FPD kialakulásában szerepet játszó ismert takarmány eredetű hajlamosító faktorokat tekintjük át.

Takarmányozás az FPD hátterében

Irodalmi adatok alapján a takarmány energia-, fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyagtartalma egyaránt befolyásolhatja a gyulladás kialakulását, ezáltal hozzájárulhat a talpfekély kialakulásához (Jeon 2020).

De Jong és mtsai. (2015) szerint például alacsony energiatartalmú keveréktakarmány etetésekor brojlercsirke állományban nő a talppárna és a láb gyulladós elváltozásainak súlyossága. Mivel a madarak takarmányfogyasztása a takarmány energia-koncentrációjának függvénye, ezért a csökkentett energiatartalmú takarmány etetésekor megnő a takarmányfelvétel, amely egyidejűleg növeli a fehérje- és ásványianyag-bevitelt. Ez egyúttal fokozza az állat vízfogyasztását, amely együtt jár az ürülék, és ebből adódóan az alom nedvesség-tartalmának növekedésével. A nedves alom felpuhítja a talppárnát, így hajlamosít a talpfekély kialakulására.

A takarmány táplálóanyag-összetétele is befolyásolja az FPD megjelenését. Jelenlegi tudásunk alapján az egyik legfontosabb hajlamosító tényezőt a növényi takarmány-anyagok egyes emészthetetlen szénhidrátjai, az ún. nem keményítő poliszacharidok (NSP) jelentik (Hess, 2004). Az NSP anyagok jelenléte ugyanis csökkenti a takarmány energia-koncentrációját és antinutritív hatást fejt ki azáltal, hogy korlátozza az emésztőenzimek hozzáférését a táplálóanyagokhoz, lelassítja a béltartalom áthaladási idejét a tápcsatornán (Bach Knudsen, 2014; Khadem., 2016). Emellett az NSP oldható frakciója megköti a vizet, így növeli az ürülék viszkozitását (Hetland, 2004), végső soron az NSP rontja a táplálóanyagok emészthetőségét (Cozannet, 2017), metabolizálhatóságát, csökkenti a takarmány hasznosítható energiatartalmát, ezzel csökkentve a takarmányértékesítés hatékonyságát (Zduńczyk, 2020).

A túlzott fehérjebevitel esetén a madarak szervezetében a szükségletet meghaladó fehérje húgysavvá metabolizálódik és kiürül a szervezetből. Az alom N-tartalma így nagyobb lesz, amely ammóniává alakulhat és ez maró hatása révén gyulladást okoz, ami hozzájárulhat a talpfekély kialakulásához (Pié Orpí, 2020). Ezt a hatást tovább fokozza,

hogy a megnövekedett fehérjebevitel növeli a madarak vízfogyasztását és következményesen víz ürítését, ezáltal az alom nedvességtartalmát. Ez pedig a talppárna felpuhulása miatt elősegíti a gyulladós folyamatok beindulását. Ezzel összhangban Ferguson és mtsai. (1998) valamint Bilgili és mtsai. (2006) azt tapasztalták, hogy a takarmány fehérjekoncentrációjának csökkentése szignifikánsan csökkentette az alom nedvességtartalmát és ezzel összefüggésben az FPD gyakoriságát.

Azt is megfigyelték, hogy a talpfekély előfordulását és súlyosságát befolyásolja a takarmány-fehérjék eredete is (Nagaraj, 2007). Kizárólag növényi fehérjeforrások bevitele esetén az FPD gyakorisága nagyobb, mint azon keveréktakarmányok etetésekor, amelyek állati eredetű fehérjehordozókat is tartalmaznak (Nagaraj, 2007; Eichner, 2007).

A talpfekély előfordulásának gyakoriságát növelheti egyes vitaminok (biotin, riboflavin, pantoténsav) és ásványi anyagok hiánya is. A biotin és a cink, mint a fehérje- és nukleinsavsintézishez nélkülözhetetlen enzimek kofaktorai, bizonyítottan fontosak a bőr optimális állapotának megőrzésében, ezért feltételezések szerint ezek többlet bevitele segíthet a talpfekély megelőzésében (Swiatkiewicz, 2017). Tapasztalatok szerint az ásványi anyagok kedvező hatását azonban jelentősen befolyásolja, hogy szervesen vagy szervetlen vegyületben, vagy szerves komplex formában van jelen a takarmányban. Több kísérlet eredményei arra utalnak, hogy a szerves kelát formában történő cink, réz, mangán kiegészítés kedvezően befolyásolja a talppárna egészségi állapotát, ezáltal csökkentheti az FPD súlyosságát (Hess, 2001; Saenmahayak és mtsai., 2010; Manangi és mtsai, 2012). Az említett nyomelemek mellett más ásványi anyagok, így pl. a takarmányok sótartalma is közvetlen hatással van a lábpárna elváltozásainak súlyosságára (Harms és Simpson, 1982). Számos tanulmány kimutatta, hogy a takarmányok elektrolit (Na^+ , K^+ és Cl^-) egyensúlya fontos tényező, mivel a takarmánnyal bevitt Na és K többlet növeli a vízfelvételeket és az alom nedvességtartalmát. (Defra, 1994; Zdunczyk, 2014), ez pedig hozzájárul az FPD fokozott súlyosságához.

Ugyanakkor önmagában a megemelt vitamin és/vagy ásványi anyag bevitel nem feltétlenül csökkenti a talpfekély gyakoriságát, ami arra utal, hogy az FPD kialakulásában jellemzően több hajlamosító tényező egyidejűleg játszik szerepet (Burger, 1984). Így például a takarmány fizikai állapota is hozzájárulhat a talpfekély megjelenéséhez. A túlzottan apró takarmányszemcsék nagy arányú jelenléte ugyanis növeli az állat ivóvíz-felvételét és ezzel hozzájárul a többlet vízürítéshez, az alom elnedvesedéséhez, amely szintén hajlamosít a talp gyulladós elváltozására (Pié Orpí, 2020).

Összegzés

Összességében tehát a takarmány optimális összetétele fontos tényező a talpfekély megelőzésében. Ugyanakkor a kísérletes tapasztalatok egyértelműen arra utalnak, hogy az FPD egy multifaktoriális hátterű elváltozás. Bár a hajlamosító tényezők többsége már ismert, a pontos hatásmechanizmus a legtöbb esetben még nem tisztázott, ezért a jövő feladata, hogy ezeket tanulmányozzuk. Emellett az is egyértelműen megállapítható, hogy ezt a jelenleg gyakori problémát csak komplex szemlélettel lehet sikeresen enyhíteni, ill. megelőzni.

Irodalomjegyzék

- Amer, M. M. (2020): Review: footpad dermatitis (FPD) in chickens; *Kor J Food & Health Convergence* 6(4): 11–16K.E. <https://doi.org/10.13106/kjfhc.2020.vol6.no5.11>
- Bilgili, S. F., Alley, M. A., Hess, J. B., Nagaraj, M. (2006): Influence of Age and Sex on Footpad Quality and Yield in Broiler Chickens Reared on Low and High Density Diets. *Journal of Applied Poultry Research* 15(3): 433–41.; <https://doi.org/10.1093/japr/15.3.433>
- Burger, R. A., Atuahene, Y. O., Arscott, G. H. (1984): Effect of Several Dermatitis Preventing Agents on Foot Pad Dermatitis in Dwarf and Normal Sized Single Comb White Leghorn Layers. *Poultry Science* 63(5): 997–1002. <https://doi.org/10.3382/ps.0630997>
- Cozannet, P., Kidd, M.T., Montanhini, N. R., Geraert, P-A. (2017): Next-generation non-starch polysaccharide-degrading, multi-carbohydrase complex rich in xylanase and arabinofuranosidase to enhance broiler feed digestibility. *Poultry Science* 96(8): 2743–50. <https://doi.org/10.3382/ps/pex084>
- DEFRA (1994): *Poultry Litter Management*. PB1739.; Department of Environment, Food and Rural Affairs, London, UK
- de Jong, I. C., Lourens, A., van Harn, J. (2015): Effect of hatch location and diet density on footpad dermatitis and growth performance in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 24(2): 105–14. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv014>
- Eichner, G., Vieira, S. L., Torres, C. A., Coneglian, J. L. B., Freitas, D. M., Oyarzabal, O. A. (2007): Litter Moisture and Footpad Dermatitis as Affected by Diets Formulated on an All-Vegetable Basis or Having the Inclusion of Poultry By-Product. *Journal of Applied Poultry Research* 16(3): 344–50. <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.344>
- Harms, R. H., Simpson, C. F. (1982): Relationship of growth depression from salt deficiency and biotin intake to foot pad dermatitis of turkey poults; *Poult. Sci.* 61 (1982), pp. 2133–2135; <https://doi.org/10.3382/ps.0612133>
- Hetland, H., Choct, M., Svihus, B. (2004): Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition; *World Poult. Sci. J.*, 60(04): 415–422; <https://doi.org/10.1079/WPS200325>
- Hess, J. B., Bilgili, S. F., Parson, A. M., Downs, K. M. (2001): Influence of complexed zinc products on live performance and carcass grade of broilers; *J. Appl. Anim. Res.* 19. 49–60 <https://doi.org/10.1080/09712119.2001.9706709>
- Hess, J. B., Bilgili, S. F., Downs, K. M. (2004): Paw quality issues.; *Proc. Deep South Poultry Conference*, Tifton, GAUniversity of Georgia, Athens
- Hess, J. B., Bilgili, S. F., Dozier, W. A., Lien, R. J., Blake, J. P. (2011): Efeito do Manejo da água e tratamento de cama nas lesões de patas e dermatitis.; *Anais da Conferência Facta 2011 de Ciência e Tecnologias Avícolas*; Santos, São Paulo; Brazil. Campinas: Facta; pp: 85–90.
- Jin-Joo Jeon, Eui-Chul Hong, Hwan-Ku Kang, Hyun-Soo Kim, Jiseon Son, Are-Sun You, Hee-Jin Kim, Bo-Seok Kang (2020): A Review of Footpad Dermatitis Characteristics, Causes, and Scoring System for Broiler Chickens; December 2020 *Korean Journal of Poultry Science* 47(4): 199–210 <https://doi.org/10.5536/KJPS.2020.47.4.199>
- Jim; Controlling footpad dermatitis in poultry. *poultryproducer*; Accessed on March. 22, 2020; <https://www.poultryproducer.com/controlling-footpad-dermatitis-in-poultry/>
- Khadem, A. A., Lourenço, M., Delezie, E., Maertens, L., Goderis, A., Mombaerts, R., Höfte, M., Eeckhaut, V., Van Immerseel, F., Janssens, G. P. (2016): Does release of encapsulated nutrients have an important role in the efficacy of xylanase in broilers? *Poultry science* 95 5, 1066–76. <https://doi.org/10.3382/ps/pew002>

- Knudsen, K. E. B. (2014): Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science* 93(9): 2380–93. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03902>
- Manangi, M. K., Vázquez-Añón, M., Richards, J. D., Carter, S. D., Buresh, R. E., Christensen, K. D. (2012). “Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals versus industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, footpad health, and litter mineral concentration.” *The Journal of Applied Poultry Research* 21: 881–890. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00531>
- Nagaraj, M., Wilson, C. A. P. Hess, J. B., Bilgili, S. F. (2007): “Effect of High-Protein and All-Vegetable Diets on the Incidence and Severity of Pododermatitis in Broiler Chickens.” *The Journal of Applied Poultry Research* 16: 304–312. <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.304>
- Pié, O. J. (2020): Footpad dermatitis in poultry. *Veterinaria digital*. Accessed on July 07; 2020 https://www.veterinariadigital.com/en/post_blog/footpaddermatitis-in-poultry
- Saenmahayak, B., Bilgili, S. F., Hess, J. B., Singh, M (2010): “Live and processing performance of broiler chickens fed diets supplemented with complexed zinc.” *The Journal of Applied Poultry Research* 19: 334–340. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00166>
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Józefiak, D. (2017): “The nutrition of poultry as a factor affecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review.” *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 101: e14–e20 <https://doi.org/10.1111/jpn.12630>
- Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Mikulski, D., Zduńczyk, P., Juśkiewicz, J., Slominski, B. A. (2020): “The effect of NSP-degrading enzymes on gut physiology and growth performance of turkeys fed soybean meal and peas-based diets.” *Animal Feed Science and Technology* 263 (2020): 114448. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114448>

POTENTIAL EFFECT OF DIETARY FUMONISINS ON THE COLONIZATION OF LACTOBACILLI IN THE GUT AND FECAL MICROBIOTA OF WEANED PIGS

Yarsmin Yunus Zeebone^{1,2}, Balázs Libisch³, Ferenc Olasz³, Brigitta Bóta²,
Melinda Kovács^{1,2}, Veronika Halas¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Physiology and Nutrition, Guba S. str. 40., 7400 Kaposvár, Hungary, ²MTA-KE-SZIE Mycotoxins in the Food Chain Research Group, Guba S. str. 40., 7400 Kaposvár, Hungary, ³Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Agribiotechnology and Precision Breeding for Food Security National Laboratory, Institute of Genetics and Biotechnology, Szent-Györgyi A. str. 4., 2100 Gödöllő, Hungary

ABSTRACT

Research on the capacity of certain microbial species to breakdown mycotoxins and reduce their toxicity is expanding. To identify prospective strains that may be isolated to break down and reduce fumonisins (FUMs) toxicity, the study examined the trend of Lactobacillus sp. colonization in weaned pigs' gut and faecal microbiota. After 2 weeks adaptation period, eighteen weaned pigs of 7 weeks old (n = 6) were administered a diet that contained either 0 (G1), 15 (G2) or 30 (G3) mg FUMs/ kg diet for 21 days. The growth rate and composition of intestinal and faecal Lactobacillus sp. were examined. The bacterial composition analysis of duodenal, jejunal, ileal, and faecal samples of the three experimental groups was analyzed based on taxonomic tables containing relative abundance data per sample prepared by LGC Genomics GmbH using the QIIME 1.9.0 pipeline application of the IBM SPSS software package. The results showed no significant differences (p > 0.05) between the individual treatments during sample analysis with either the SPSS Kruskal-Wallis or the Wilcoxon Signed-Rank test. However, by observation, the proportion of Lactobacillus sp. increased in the duodenum, ileum, and jejunum of the intestine in a trend-like fashion in the order G1–G2–G3. In the faeces, the abundance was exceedingly low but the rising fashion was still discernable. In conclusion, the presence of dietary FUMs at concentrations of 15 or 30 mg/kg diet has the potential to alter the abundance of Lactobacillus sp. in weaned pigs. The detoxification of dietary FUM by specific Lactobacilli strains is advised for further research.

ÖSSZEFOGLALÁS

Egyre nő azoknak a kutatásoknak a száma, amelyek egyes mikroba fajok mikotoxinok lebontására és toxicitásuk csökkentésére irányulnak. A fumonizin (FUM) toxicitásának csökkentése érdekében vizsgálatunkban a Lactobacillus kolonizációját értékeltük választott malacok tápcsatornájából és bélsarából vett mikrobiotában. A választott malacokat 2 hetes adaptációt követően, 7 hetes korban három kísérleti csoportba osztottuk (n=6), alaptakarmányuk azonos volt, azonban 0 (G1), 15 (G2) vagy 30 (G3) mg/kg mennyiségben FUM-t tartalmazott. A vizsgálat 21 napig tartott, melynek végén a malacokat leöltük és béltartalom mintát vettünk a vékonybél duodenum, jejunum és ileum szakaszából, valamint a végbélből bélsárat gyűjtöttünk. A minták bakteriális összetételének elemzését mintánkénti relatív abundancia adatokat tartalmazó taxonómiai táblázatok alapján értékeltük IBM SPSS szoftvercsomag, LGC Genomics GmbH által QIIME 1.9.0 pipeline alkalmazásával. A kísérlet során a malacok egészségi állapota megfelelő, növekedésük a fajtára jellemző volt. A Lactobacillus sp. dózisfüggően, nem szignifikánsan növekedett a duodenumban, az ileumban és a jejunumban, G1-G2-G3 sorrendben. A bélsárban az abundancia rendkívül alacsony volt, de a növekvő tendencia itt is érzékelhető volt. Összefoglalva, a takarmánnyal bevitt FUM 15 vagy 30 mg/kg koncentrációban megváltoztathatta a Lactobacillus sp. jelenlétét a választott malacok belében. További vizsgálatokra van szükség olyan Lactobacillus törzsek kiválasztása céljából, amelyek hatékonyak lehetnek a takarmánnyal felvett FUM méregtelenítésében.

Introduction

Mycotoxins are categorized as harmful secondary metabolites of moulds that may negatively affect both human and animal health, either directly or indirectly, as a result of biological alteration (Beardall and Miller, 1994). *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* are the two principal plant pathogens that make fumonisins (FUMs). Fumonisins frequently contaminate maize and maize-based products and when consumed, they can negatively affect health. Among the commonly existing FUMs – B1 (FB₁), B2 (FB₂), B3 (FB₃) and B4 (FB₄) – FB₁ is the most abundant in nature and toxic (Lerda et al., 2017). The structural resemblance of FB₁ to the sphingoid bases – sphingosine and sphinganine – has been established as the principal pathway of FB₁-induced toxicity. This similarity disrupts the function of the enzyme ceramide synthase by interfering with sphingolipid metabolism and subsequently harming biological processes such as cell proliferation, differentiation, morphogenesis, permeability, and apoptosis. Fumonisin B1 promotes varying clinical disorders in certain animal species examined. Oesophageal cancer and neural tube anomalies in humans have been connected to eating foods contaminated with FB₁ in some parts of the world as well (Chilaka et al., 2017). The International Agency for Research on Cancer has since categorized FB₁ as a category 2B carcinogen (IARC, 2002).

There are numerous economic risks associated with mycotoxin contamination of food and feed products. As a result, several approaches are being utilized to help remove mycotoxins from contaminated commodities. These approaches include physical, chemical, and biological techniques to eradicate, inactivate, or lower the mycotoxin concentration in food and feed commodities (Temba et al., 2016). However, due to concerns about safety, potential reductions in the nutritional value of the treated commodities, a lack of efficacy, and economic considerations, and the use of physical or chemical techniques on food products that are contaminated with mycotoxins can occasionally be problematic. Because of this, a lot of attention has been paid to biological detoxification techniques (Kabak et al., 2006). Among the biological approaches, the Lactobacilli-mediated decontamination technique is one of the methods that has gained recognition for its ability to reduce mycotoxins' toxicity without compromising safety or cost.

Thus, in the present study, we studied the colonization pattern of Lactobacilli in the gut and faeces of weaned pigs exposed to either a no-contaminated FUM diet (control), a 15 or a 30 mg/kg total-FUMs-contaminated diet for 21 days.

Materials and methods

Animals, Feeding and Housing

The research protocol was reviewed and authorized by the Animal Use and Care Administrative Advisory Committee and approved by the Agricultural Administrative Authority, Hungary (Protocol SOI/31/00308-10/2017).

Eighteen male Danbred weaned pigs weighing an average of 13.5 ± 1.3 kg and aged 5 weeks were used in the study. After a 2-week physiological acclimation phase and at precisely 7 weeks of age the pigs were split into 3 groups (n = 6). Group 1 (G1) served as the

control group fed a diet free of FUMs (FB₁ + FB₂ + FB₃), Group 2 (G2) was fed a diet containing 15 mg/kg FUMs, and Group 3 (G3) received a diet contaminated with 30 mg/kg FUMs, for 21 days. Feed was a corn-soybean meal diet containing 175 g crude protein, 11.1 g Lys, and 14.1 MJ/kg ME per kg of feed offered as an amount that covers 2.5 times the maintenance energy requirement, and was provided twice a day in two equal portions. Drinking water was made available *ad libitum*.

Pigs were kept in individual metabolic cages (80 x 80 cm) located in the Experimental Animal Unit of the Department of Farm Animal Nutrition of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Kaposvár Campus. Pigs were weighed individually at the start of the trial and at weekly intervals and, their health status and diarrhea score were monitored every day. At the end of the experiment period, pigs were euthanized by exsanguination after sedation (Euthanyl-Pentobarbital Sodium, 400 mg/mL, Dechra Veterinary Products, Shrewsbury, UK).

The finely ground culture of *Fusarium verticillioides* RL 596 was carefully mixed thoroughly into the diets of the experimental animals to provide a daily FUMs feed concentration of 15 and 30 mg/kg diet. The mycotoxin concentration of the control and the experimental feed was then determined with the LC-MS method which utilizes a Shimadzu Prominence Ultra-Fast Liquid Chromatography separation system equipped with an LC-MS-2020 single quadrupole (ultra-fast) liquid chromatograph-mass spectrometer (Shimadzu, Kyoto, Japan) with electrospray source (Bartok et al., 2010). The limit of detection (LOD) for FB₁ and FB₂ were 0.031 and 0.051 mg/kg respectively; LOD for FB₃ was not measured. Diet fed to the control group did not contain detectable amounts of FUMs as well as deoxynivalenol, zearalenone and T-2 toxin while the two contaminated diets contained 15.40 and 29.75 mg FUMs/kg diet.

Gut and Faecal Microbiota Analysis and Statistical Analysis

Bands were firmly tied at predetermined points throughout the length of the small intestine in order to collect samples from the duodenum, jejunum, and ileum for the examination of the intestinal flora. Samples collected were weighed and stored appropriately for the analysis. The bacterial composition analysis of samples from duodenum, jejunum, ileum, and faeces of the three treatment groups was done based on taxonomic tables containing relative abundance data per sample prepared by LGC Genomics GmbH using the Quantitative Insights into Microbial Ecology (QIIME) 1.9.0 pipeline application (Caporaso et al., 2010). The path of the relative abundance tables and bar graphs used in the analysis was normalized by the rarefaction method described by Ju and Zhang (2015). The relative abundance data of G1, G2 and G3 were compared using the Kruskal-Wallis test of the IBM SPSS Statistics software. And the bacterial composition of faecal samples in G1, G2 and G3 was examined using the SPSS Wilcoxon Signed-Rank test (IBM Corp., Armonk, NY, USA). A *p* value < 0.05 was described as significant.

Results and discussion

At the end of the experiment, i.e. after exposure to dietary FUM for 21 days, pigs did not show any signs of growth retardation or any health problems. Although there was some

transitional diarrhea during the adaption phase, the pigs had fully recovered by the time the intoxication started. The effects of stress exposure to host microbiota *Lactobacillus* presence and abundance trend showed that neither the SPSS Kruskal Wallis nor the Wilcoxon Signed-Rank test were statistically significant ($p > 0.05$) between the treatment groups in all intestinal sections and faeces. However, a dose-response increment pattern of *Lactobacillus sp.* present in the duodenum, ileum, and jejunum and albeit occurrence in the faecal samples was extremely low, a pattern could be seen (Figure 1).

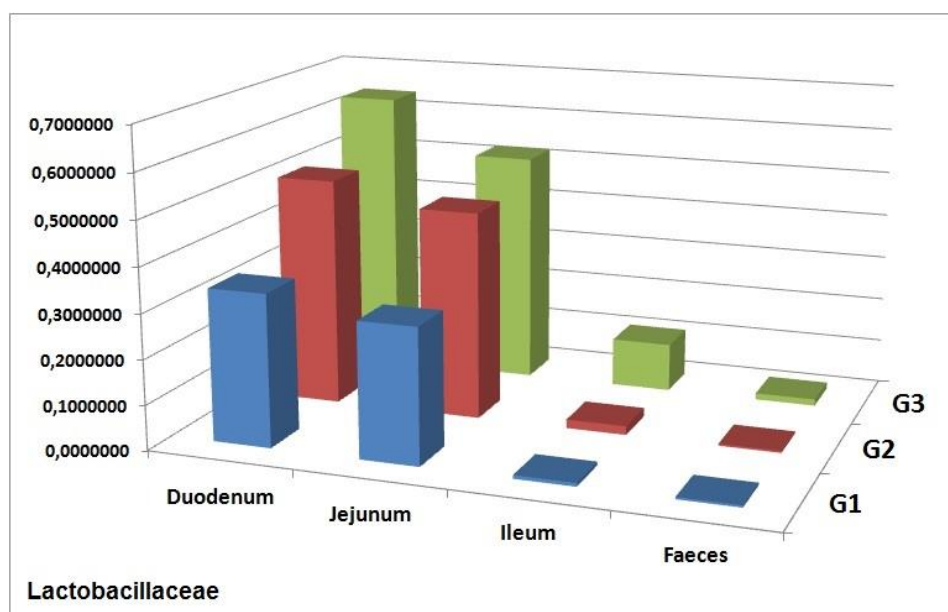


Fig. 1. Abundance trend of *Lactobacillus* in all sections of the intestinal tract examined. G1= Control group, G2= 15 mg/kg FUMs- fed group, G3= 30 mg/kg FUMs- fed group.

Animals benefit from the nutritional and protective properties of microbiota by way of increased host immunity, fermentation outputs, and protection from pathogen colonization (Piotrowska et al., 2014). For a very long time, the lactic acid bacteria (LAB) subgroup *Lactobacilli* have been utilized in food and are regarded as innocuous. Additionally, they have been reported to have a remarkable effect on a variety of fungi that produce mycotoxins (Magnusson et al., 2003). Agreeing with the present finding, Becker and colleagues (1997) used culture techniques and observed no inhibition of bacterial growth including *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsoni*, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus reuteri* in the presence of 50 to 1000 μM FB_1 *in vitro*.

A substantial number of studies have demonstrated a modification in *Lactobacillus sp.* after mycotoxin exposure. According to reports, certain LAB, propionic acid bacteria, and bifidobacteria have the ability to attach mycotoxins to their cell wall polysaccharides and peptidoglycans (Wambacq et al., 2015). According to one study, trichothecenes and aflatoxins can both be sequestered from liquid media by LAB and propionic acid bacteria (El-Nezami et al., 2002). The addition of FB_1 to *in vitro* incubation of cecal chyme from pigs decreased the anaerobic bacteria, whereas *Lactobacillus* and total bacteria increased (Dang et al., 2017). Later, Mateos and colleagues (2018) found more *Lactobacillus* in the

faeces of piglets that received 12 mg/kg FB₁- contaminated feed and attributed this to the competitive advantage associated with their ability to metabolize FB₁.

Conclusion and recommendation

In conclusion, a dietary dose of 15 or 30 mg/kg FUM fed to weaned pigs increased the proportion of *Lactobacillus sp.* in the duodenum, ileum, and jejunum of the intestine and in the faeces as well, in a trend-like fashion in the order G1–G2–G3. The detoxification of dietary FUM by specific *Lactobacilli* strains is advised for further research.

Acknowledgements

The work was supported by the project GINOP-2.3.2-15-2016-00046, by ELKH-MATE 13003 Research Group and by the Hungarian National Laboratory project RRF-2.3.1-21-2022-00007.

References

- Bartók, T., Tölgyesi, L., Szekeres, A., Varga, M., Bartha, R., Szécsi, Á., Bartók, M., Mesterházy, Á. (2010): Detection and characterization of twenty-eight isomers of fumonisin B1 (FB₁) mycotoxin in a solid rice culture infected with *Fusarium verticillioides* by reversed-phase high-performance liquid chromatography/electrospray ionization time-of-flight and ion trap mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 24(1): 35–42. <https://doi.org/10.1002/rcm.4353>
- Beardall, J.M. and Miller, J. D. (1994): Diseases in humans with mycotoxins as possible causes. *Mycotoxins in grain: compounds other than aflatoxin*, pp. 487–539.
- Becker, B., Bresch, H., Schillinger, U., Thiel, P. G. (1997): The effect of fumonisin B1 on the growth of bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13(5): 539–543. <https://doi.org/10.1023/A:1018513308847>
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., Fierer, N., Pena, A. G., Goodrich, J. K., Gordon, J. I., Huttley, G. A. (2010): QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature Methods* 7: 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- Chilaka, C. A., De Boevre, M., Atanda, O. O., De Saeger, S. (2017): The status of *Fusarium* mycotoxins in sub-Saharan Africa: A review of emerging trends and post-harvest mitigation strategies towards food control. *Toxins* 9(1): 19. <https://doi.org/10.3390/toxins9010019>
- Dang, H. A., Zsolnai, A., Kovacs, M., Bors, I., Bonai, A., Bota, B., Szabo-Fodor, J. (2017): In vitro interaction between fumonisin B1 and the intestinal microflora of pigs. *Polish Journal of Microbiology* 66: 245–250. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.7858>
- El-Nezami, H., Chrevatidis, A., Auriola, S., Salminen, S., Mykkänen, H. (2002): Removal of common *Fusarium* toxins *in vitro* by strains of *Lactobacillus* and *Propionibacterium*. *Food Additives and Contaminants* 19: 680–686. <https://doi.org/10.1080/02652030210134236> IARC Working Group on the Eval-

- uation of Carcinogenic Risks to Humans, World Health Organization, and International Agency for Research on Cancer. (2002): Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene, and styrene (Vol. 82). World Health Organization.
- Ju, F., Zhang, T. (2015): 16S rRNA gene high-throughput sequencing data mining of microbial diversity and interactions. *Applied Microbiology and Biotechnology* 99: 4119–4129. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6536-y>
- Kabak, B., Dobson, A. D., Var, I. I. L. (2006): Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46(8): 593–619. <https://doi.org/10.1080/10408390500436185>
- Magnusson, J., Ström, K., Roos, S., Sjögren, J., Schnürer, J. (2003): Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Letters* 219(1): 129–135. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(02\)01207-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(02)01207-7)
- Mateos, I., Combes, S., Pascal, G., Cauquil, L., Barilly, C., Cossalter, A.-M., Laffitte, J., Botti, S., Pinton, P., Oswald, I. P. (2018): Fumonisin-exposure impairs age-related ecological succession of bacterial species in weaned pig gut microbiota. *Toxins* 10: 230. <https://doi.org/10.3390/toxins10060230>
- Piotrowska, M., Śliżewska, K., Nowak, A., Zielonka, Ł., Żakowska, Z., Gajęcka, M. and Gajęcki, M. (2014): The effect of experimental fusarium mycotoxicosis on microbiota diversity in porcine ascending colon contents. *Toxins* 6(7): 2064–2081. <https://doi.org/10.3390/toxins6072064>
- SPSS for Windows version 20; SPSS: Chicago, IL, USA, 2012.
- Temba, B. A., Sultanbawa, Y., Kriticos, D. J., Fox, G. P., Harvey, J. J., Fletcher, M. T. (2016): Tools for defusing a major global food and feed safety risk: Nonbiological postharvest procedures to decontaminate mycotoxins in foods and feeds. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 64(47): 8959–8972. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03777>

MATE