



# Measuring fish metabolism – science and practice of development in fish feeding: A review

Cs. Hancz and D. Varga

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

## ABSTRACT

*Since costs related to feeding comprise determining part of production costs in aquaculture, as in any other branch of animal production, innumerable studies aimed to give information about the feed utilization were done also for fish. The great majority of literature discusses only the simplest indicators as feed conversion ratio (FCR), feed efficiency ratio (FER), protein efficiency ratio (PER) and productive protein value (PPV). One of the key research areas however that made possible the impressive growth of aquaculture in the last decades certainly was the extensive development of feeds based on sophisticated knowledge of nutrient requirements of more and more fish species. The main goal of this literature review was to focus on digestibility of nutrients, its measurement methods and to survey the main directions of contemporary research activity in this field.*

*In conclusion, determination of apparent digestibility coefficients (ADC) became an everyday practice of experimental methodology in fish nutrition studies, although there are no standardized methods, neither in marker use nor in feces collection, just to mention two from the most crucial questions. Testing and evaluating new alternative protein and energy sources to minimize the use of fishmeal (FM) and fish oil (FO) needed to develop the requirement at ration level (RRL) method to determine adequate daily ration and also the diet replacement method (DRM) and ingredient replacement method (IRM) for ingredient inclusion in studies on digestibility. Metabolomics and nutrigenomics offer new ways of approximation in areas of primary importance in the future development of aquaculture.*

(Keywords: fish, metabolism, digestibility, omics)

## INTRODUCTION

Since costs related to feeding comprise determining part of production costs in aquaculture, as in any other branch of animal production, innumerable studies aimed to give information about the feed utilization were done also for fish. The great majority of this literature discusses only the simplest indicators as feed conversion ratio (FCR) or its inverse, feed efficiency ratio (FER) which are calculated as the simple ratio of input and output or vice versa, where the feed is the input and the output is the weight gain. Protein efficiency ratio (PER) is also very popular because it is simply calculated as weight gain/protein intake. Productive protein value (PPV) also can be easily calculated: (gain in nitrogen/nitrogen intake) x100, which used also to be termed as NPU (net protein utilization) (Weatherly and Gill, 1989). One of the key research areas however that made possible the impressive growth of aquaculture in the last decades certainly was the extensive development of feeds based on more sophisticated knowledge of nutrient requirements of more and more fish species (Webster and Lim, 2002). In parallel, more and more detailed and accurate theoretical models of fish metabolism could be elaborated (Braaten, 1978; Smith, 1980; Kaushik and de Oliveira-Teles, 1985; Tytler and Calow, 1985; Kaushik, 1986; Johnston and Dunn, 1987; Clarke and

Johnston, 1999; Bureau et al., 2002; Dietz et al., 2013; Grisdale-Helland et al., 2013; Stadtlander et al., 2013).

There is a huge literature on fish metabolism and apparent digestibility, therefore the purpose of this review is to examine the recent literature dealing with the digestibility of nutrients, its measurement methods and also to survey the main directions of contemporary research activity in this field.

### Fish metabolism

Conveniently, investigators couched metabolic problems in terms of energy as it is very well summarized in the book of Weatherly and Gill (1989) using the basic biological terms of anabolism and catabolism. They cite, among others the work of Cho et al. (1982) who note that any study on bioenergetics of an animal can be defined as investigating the balance between energy supply in food and the energy expenditure of physiological processes of the body. Although the main categories and terms describing fish metabolism are very similar to higher vertebrates partitioning of food energy in fish were discussed by numerous authors from which the energy equation given by Brett and Groves (1979) in Weatherly and Gill (1989).

$$I = M + G + E$$

where: I: all ingested energy, M: metabolism, E: excretion, has to be mentioned first. It could be and really was long disputed, but proved to be very useful for practical estimation until now, with their proposed conversion factors for body constituents as 17.15, 39.54 and 20.08 kJ g<sup>-1</sup> (also given in NRC (1993) for carbohydrate, lipid and protein, respectively, values that are somewhat different from mammalian values (Kleiber, 1961) in Weatherly and Gill (1989). To understand similarities and differences the flow of the dietary energy in fish depicted in Figure 1 can help.

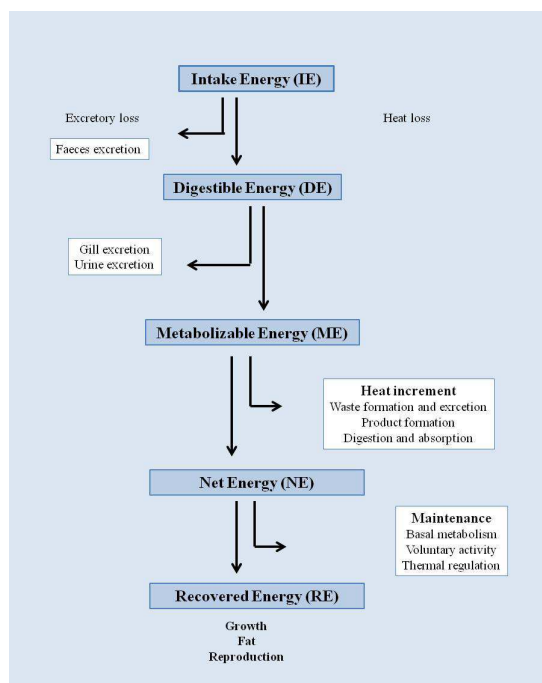


Figure 1.

### Fate of dietary energy for fish

(Adapted from National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, D.C.)

Discussing peculiarities of fish metabolism from excretion to basal metabolism and some aspects of difficulties caused by the water as the environment are beyond the scope of this review likewise a profound overview of literature on bioenergetics of fish discussed profoundly among others by *Braaten, 1979; Smith, 1980; Johnston and Dunn, 1987; Clarke and Johnston, 1999; Bureau et al., 2002; Davis, 2015*

However, some basic principles, although known for a long time, have to be mentioned here again. First of all, energy need of ingestion and digestion is small compared to metabolic work (*Brody, 1945*). It has an important consequence, namely that determining metabolizable energy (ME) gives a little advantage over measuring digestible energy (DE) in the evaluation of useful energy of feedstuffs for fish (*NRC, 1993*). The same was already stressed by *Lovell (1989)* demonstrating it by a table showing data of DE/IE and ME/DE calculated for rainbow trout. (Difficulties of exact measurement of ME will be mentioned later.) *Allameh et al., (2007)* citing *Willoughby (1999)* give a simple solution for this problem, calculating ME simply by subtracting 11% from DE as nitrogenous excretion (NE).

Modern fish feeds are developed considering the optimal protein/energy ratio come with lots of information including gross energy (GE), DE and ME values. Whereas the big feed producing companies have their own experimental facilities and/or carry out feed development in cooperation with prominent research institutions, all the DE and ME values for all age groups of all farmed fish species given by feed producers cannot come from accurate experiments. Some good and reliable practice must exist to derive these values from GE content of the feed, about which no information could be found. However, the determination of DE is becoming a standard part of methodology in feeding experiments as it will be demonstrated later.

Gross energy can directly be determined by bomb calorimetry but its calculation from chemical composition using the values given above is a widely applied method (*NRC, 1993*). Then – based on experimental results - an equation to estimate ME, as follows:

$$\text{ME (MJ/kg dry matter)} = -3.064 + 34.82 x_1 + 17.21 x_2 + x_3 (18.52 - 31.2 x_4),$$

where:  $x_1$  = crude protein,  $x_2$  = crude fat,  $x_3$  = N-free extract,  $x_4$  = crude fibre (all calculated in g/kg units), could be developed, exactly as it was done by *Härtel (1977)* for poultry. This regression equation was used for poultry until 1990 but proved to be applicable even for fish, because it was considered giving less error than laboratory measurements. This situation might have been changing since then but no more similar attempt of estimation could be found in the literature on fish metabolism.

An important energy sparing feature in fish is related to the excretion of a large amount of ammonia as the main product of protein catabolism in place of synthesizing urea lowers heat increment significantly and makes possible to use a bigger part of energy intake for maintenance and growth (*NRC, 1993*). Another peculiarity of fish metabolism comes from the lack of thermoregulation since fish are poikilothermic ectotherms. Moreover, buoyancy made possible by swimming bladder in most species means that fish need much less energy to maintain posture in water compared to terrestrial animals, also an item lessening maintenance energy. *Kaushik and Médale (1994)* compared average maintenance energy needs, expressed as basal metabolic rates (MJ/ kg<sup>0.75</sup>/day) of terrestrial animals and fish giving the corresponding values as 0.70 vs. 0.01- 0.07, respectively. *Jobling (2017)* gives an excellent and simple summary of the differences between poikilothermic and homeothermic animals' metabolism (*Table 1*).

**Table 1.**

**Metabolic characteristics of poikilothermic ectotherm (fish) and endothermic homeotherms (mammals)**  
(Jobling, 2017)

	<i>Fish</i>	<i>Mammals</i>
<b>Metabolic rate</b>	Low	High
<b>Starvation resistance</b>	High	Low
<b>Maintenance food requirement</b>	Low	High
<b>Food use for growth</b>	High efficiency	Low efficiency

Before going into details of the determination of digestible part of the energy and the different nutrients, it has to be stressed that there is an other alternative terminology applied for the same physiological processes used for example by Jobling (2017) when discussing nutritional requirements of farmed fish. According to this terminology bioavailability of a nutrient in a diet called absorption efficiency (A) defined as follows:

$$A = 100 (N - F)/N$$

where N is the nutrient content of the food and F represents fecal losses. This absorption efficiency also is known as digestive efficiency, shortly digestibility or more exactly apparent digestibility, as it will be mentioned afterward. “True” absorption efficiency is given by:

$$\text{“true”}A = 100 [N - (F - F')]/N$$

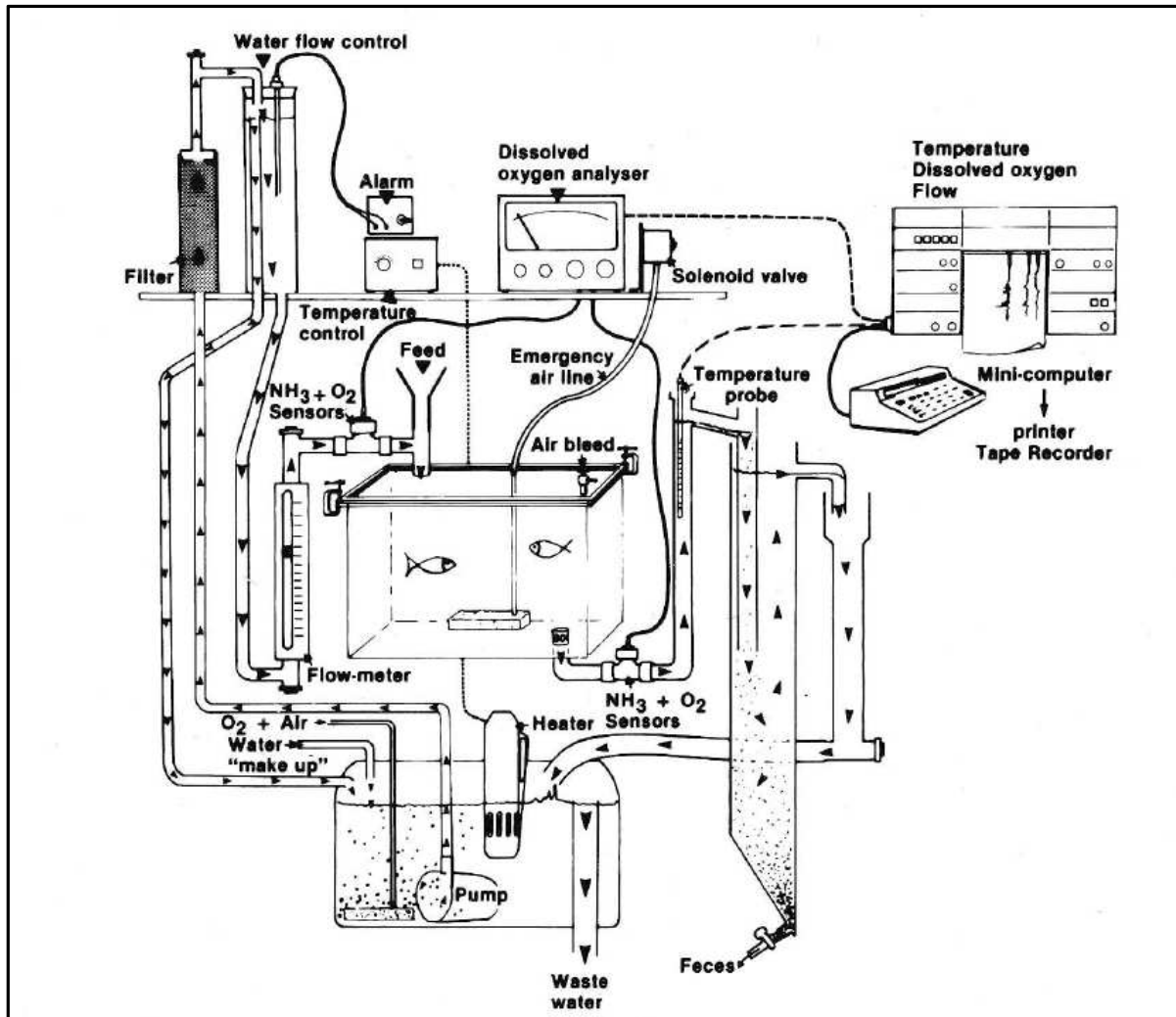
where F' is the non-food component of the feces derived from cellular and bacterial sources. Determination of “true” digestibility is extremely important when low protein content diet is fed since in this case digestibility of the protein source may be considerably underestimated while in most cases this error is only about 2-3% (Jobling, 1998). In spite of its high importance “true” digestibility is almost impossible to determine in fish.

Difficulties of developing a standard method to investigate fish metabolism by adapting methodology elaborated for land animals is summarized by Smith (1971) with the main point as follows:

- The small size of individuals makes difficult to obtain an adequate amount of waste product while using large groups of fish gives an alternative but arises other problems.
- Waste products should be separated from the water and also from the uneaten parts of food and measured quantitatively.
- Fish excrete major part (70-80%) of non-fecal waste nitrogen through the gills.
- The metabolic rate of fish as poikilothermic animals depends on water temperature.

Part of these difficulties can be overcome using sophisticated appliances, as it was first demonstrated by Smith (1971) who constructed a special metabolic chamber where fish were confined and force-fed. Not surprisingly this pioneering methodology was not directly developed further and would be unimaginable, besides some methodological difficulties, considering today's rules of animal welfare. Fish respirometers used nowadays are similar to that was designed by Cho *et al.* (1982) where, of course, metabolic rate can also be measured by oxygen consumption (Figure 2). Nowadays in state-of-the art experiments on fish nutrition

(Helland *et al.*, 1996; Grisdale-Helland *et al.*, 2013) fish keeping tanks are equipped with semi-open, semi-closed respirometry (Helland *et al.*, 1996) that makes possible to include determination of heat increment during fasting and growing phase into the evaluation of ration levels when studying energy, protein and amino acid requirement of fish.



**Figure 2.** Fish respirometer system designed and used by *Cho et al.* (1982)

An important part of “heat loss” category, called “basal metabolism” in *Figure 1*, which is also termed in literature as standard metabolic rate (SMR), is so extremely difficult to determine, that *Weatherly and Gill* (1989) considered it as a misnomer and proposed to call this kind of energy loss “standard catabolism”. *Chabot et al.* (2016a) discuss extensively the methodology of the determination of SMR by respirometry comparing eight methods of it, so SMR remained the name of the minimal aerobic metabolic rate. There are some other controversies in the terminology of respiratory or bioenergetic costs of fish metabolism. *Weatherly and Gill* (1989), show a figure of fish energy budget where energy losses related to food processing of the organism is called “specific dynamic action” (SDA) a term which was used extensively in a great number of publications for a long time. *Smith* (1980) for example, discussing this question stresses the importance of energy sparing effect of carbohydrates and lipids reckoning this later as a minimally investigated area. Things changed a lot since then, as it could be proved by citing innumerable publications but formulas of modern fish feeds prove

it best. (On the other hand, the above described apparent terminological controversies are quite normal phenomena in science and rarely hinder its development).

Eventually, with the extremely fast growth of aquaculture industry, a plethora of publications are appearing that gives more and more reliable information on different facets of fish metabolism (Carter and Brafield, 1991; Focken et al., 1994; Gao et al., 2005; Smith et al., 1995; Watanabe and Otha, 1995; Otha and Watanabe, 1996; Gao et al., 2012; Dietz et al., 2013; Saravanan et al., 2013; Skov et al., 2013; Jobling, 2017).

Metabolic rate and its measurement became also important from the point of view of an emerging new discipline: ecophysiology or conservation physiology. Climate change and its ecological consequences inspire the rapid development of this research field which has already produced valuable results presented last year in a special issue of the Journal of Fish Biology. Chabot et al. (2016b) presenting this voluminous issue of 442 pages in their editorial ascertain that 13 papers of the total 22 discuss the problem of measuring standard and maximum metabolic rates of fish and clarify definitions and methods. Results achieved in this area certainly will be useful also in research work aiming aquaculture development.

### Measurement of digestibility

Digestibility was already defined above as the efficiency ratio of the available energy of the food or a nutrient in it and the difference between the apparent and true digestibility was also discussed. Basically, there are two main methods to measure the digestibility of the food. The direct method measure of the total feed intake and the produced faeces. This method is often used for land animals. However, indirect method often used in fish research: none digestible tracer is mixed in the feed and is totally found again in faeces. Thanks to the dosage results (tracer and nutrients), feed and raw material digestibilities can be calculated. According to Smith (1979), Apparent Digestibility Coefficient (ADC) of a nutrient in the feed can be calculated as

$$\text{ADC} = 100 - [(\% \text{ indicator in feed} / \% \text{ indicator in feces}) \times (\% \text{ nutrient in feces} \times 100 / \text{nutrient in feed})]$$

This formula naturally can be used for ADC of energy (Lovell, 1989) in which case the energy content has to be determined directly by bomb calorimetry or calculated from the chemical composition as it was mentioned before.

The most used marker undoubtedly was chromic oxide but Jobling (1998) mentions also titanium oxide, rare earth elements, celite (SiO<sub>2</sub>), lignin, acid insoluble ash and chromogens, pointing to the fact that experiment aimed to compare the efficiency of these markers gave no unequivocal results. Nowadays yttrium oxide as a marker is also gaining popularity (Helland et al., 2010; Grisdale-Helland et al., 2013) as well as titanium oxide (Heinitz et al., 2015). In special cases, even crude fiber can be used as a marker (Krontveit et al., 2014).

Results of the estimation of absorption efficiency depend greatly on the method of feces collection and treating before analysis. Simplest and cheapest is siphoning or netting but because of the leaching of the remaining part of nutrients from the feces, these methods lead to overestimation of ADC. Citing various authors Lovell (1979) states that in the case of estimation from feces collected one hour after defecation this overestimation is around 10%. It worth mentioning that even siphoning from keeping tanks in adequate time can result in reliable results (Sklan et al., 2004). Collection systems developed to minimize the connection with water like Guelph System (Cho et al., 1982; Figure 3) proved to be effective and are in use until now (Bureau, 2013).

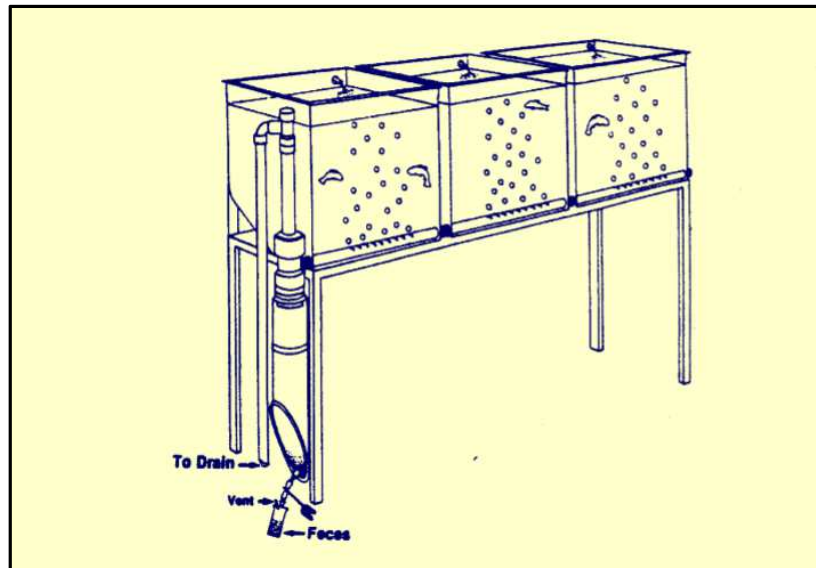


Figure 3.

**The Guelph System for fish feces collection**  
(Cho *et al.*, 1982)

The system developed by Velázquez and Martínez (2005) also resolves the collection of feed residues (Figure 4) which makes possible a more reliable calculation of FCR. Choubert *et al.* (1979) also developed a sophisticated collection system in which the feces is collected continuously, by filtering and stored frozen until analysis. However, after the paper of De LA Noüe and Choubert (1986), who compared the direct and indirect method for ADC estimation with rainbow trout, only one paper (Amirkolaie, *et al.*, 2005) mentions this system where it was compared with settling tank.

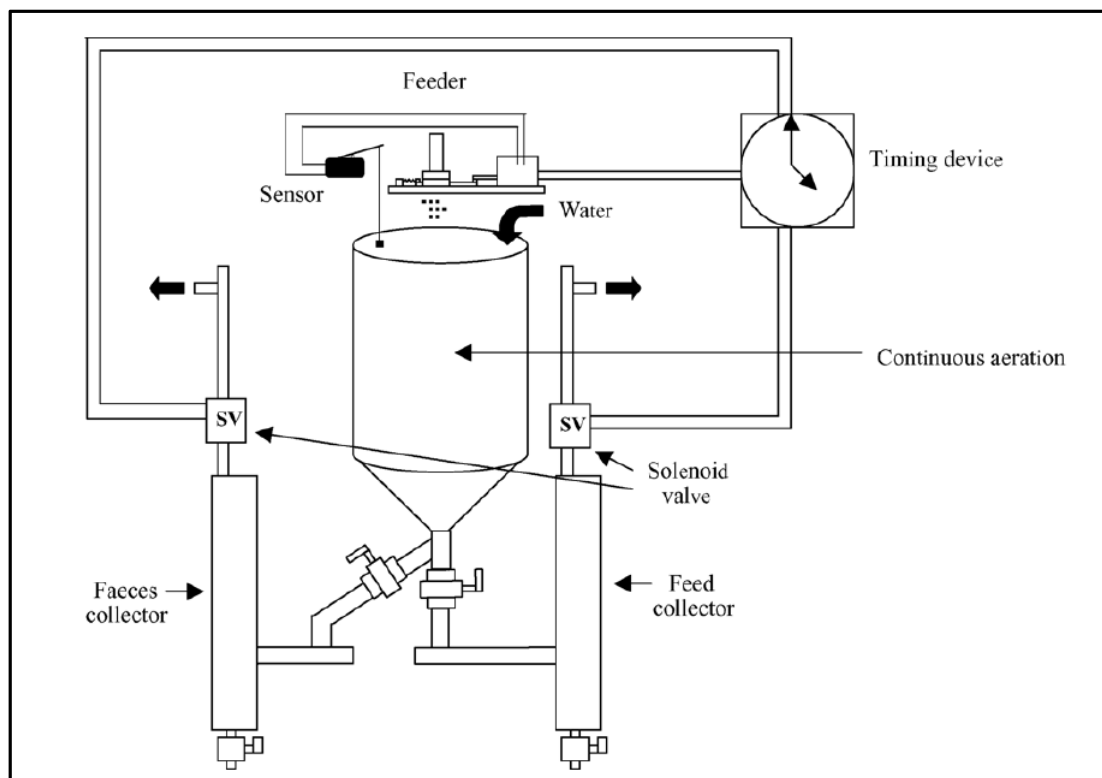


Figure 4.

**Modified "Guelph system" developed by Velázquez and Martínez (2005)**

Feces can be removed directly from the fish by anal suction, stripping or intestinal dissection, methods with which leaching can be avoided but have their drawbacks, too (*Jobling, 1998*). First of all these methods can't be applied to small fish, contamination of the feces with urine and mucus is hardly avoidable and there is a risk of collecting incompletely digested food and all these factors lead to underestimation of ADC. However, direct or active methods also remained a viable alternative firstly for fish with a short and straight intestine like salmon and trout but *Heinitz et al. (2015)* applied stripping also for common carp with very satisfactory results to determine ADC of energy, nutrients and amino acids of common feed ingredients. *Blyth et al. (2015)* also found that stripping resulted in more conservative ADCs, which were also more consistent than those obtained by using the settlement technique. It seems that the most reliable way to obtain adequate and practically useful results is using the same system consequently (*Bureau, 2013*) while comparison results obtained by different methodologies emerges lots of problems (*Rawles et al., 2010*).

### **Main areas of digestibility studies in fish feed development**

Albeit the determination of ADC doesn't have a generally used, standardized method it has many advantages over measuring correctly the metabolizable energy or nutrients of fish foods or industrial feeds (*Lovell, 1989*). Partly due to the rapid development of analytical methods determining ADC became a routine in good quality feeding trials in aquaculture but sometimes studies with very practical objectives apply even also respirometry (*Stadtlander et al., 2013*).

One important direction of using ADC as an evaluation criterion of efficiency of feeding technology is excellently demonstrated by *Helland et al., (2010)*; *Grisdale-Helland et al., (2013)* who tested different macronutrient ratios of salmon feeds combining with different ration levels. The requirement by ration level (RRL) method means that firstly the satiation level is determined (100 %) then decreasing levels (e.g 75, 50, 25 %) are fed and tested. Using the whole methodological weaponry developed till now from respirometry, calorimetry to ADC determination yield very elegant and accurate regression equations describing the DE – energy gain, DE – protein gain or digestive SumAA intake - SumAA gain relationships. This, having, of course, scientific value provides also information of vital importance for fish feed manufacturers and fish producers.

Using the most economically producible feed that satisfies the nutritional requirements of a given age-group of a fish species was the main goal of feed developers since the beginning of the aquaculture industry. However, a new era has started when sustainability became the key question also in fish production. As in many other areas of fish nutrition, this question was most studied in Atlantic salmon a fish requiring high levels of fish meal (FM) and fish oil (FO) in his feed. The concept “fish in fish out” (FIFO) ratio proved to be a very useful tool for the estimation of sustainability and helped to develop a new generation of fish feeds by reducing this ratio significantly. *Tacon and Metian (2008)* gave the figure for salmon as 4.9:1, what means that it takes 4.9 tons of wild fish to produce 1 tonne of salmon while this ratio of modern feeds is around 1.7 (IFFO <http://www.ifffo.net/>). Countless articles on replacement of FM have appeared until now and systematizing them is quite a difficult task. *Glencross et al., (2007)* reviewed comprehensively the ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds up to date. According to them alternative ingredients to FM can be sorted in two groups of plant and terrestrial animal origin. Nowadays the number of alternative protein sources can be increased with meals made from insects and worms (*Magalhães et al., 2017* *Pucher et al., 2006*) and fish protein hydrolysate and other fish processing byproducts (NOAA/USDA (2011); *Wei et al., 2006*) in the animal origin group while in the plant origin group soybean



products remain in the first place but alternatives of soybean are also heavily investigated (Teuling *et al.*, 2017; Hien *et al.*, 2017).

Glencross *et al.*, (2007) list the key concerns in ingredient assessment as follows: digestibility, palatability, nutrient utilization and functionality. Palatability of feed is a key question which is also discussed in great detail by Glencross *et al.* (2007) stressing that fish must be given the opportunity to refuse feed, therefore feeding beyond apparent satiety is an imperative which was followed by the RRL method (see above). This aspect of studies on feed utilization is especially important when alternatives of FM and FO with possible unfavorable organoleptic and/or antinutritive properties.

Essentially, there are two methods of ingredient inclusion for specific ingredient digestibility assessment (Glencross *et al.*, 2007): the diet replacement method (DRM) and the ingredient replacement method (IRM) (Aksnes *et al.*, 1996). In the DRM method, a test ingredient is added to replace a portion of the reference diet to create a test diet but it is highly important that the portion of the reference diet within any test diet must be fully representative of the complete reference diet. The IRM also uses a reference diet but differs in that the reference diet usually has a single reference ingredient at a fixed, moderately high inclusion level (Aksnes *et al.*, 1996). This single ingredient is then replaced with the ingredients wanted to be tested. The assessment of the digestibility of any ingredient is based on the relative diet digestibility with regard to the reference ingredient. With this method, the basis of the digestible value of the test ingredient is largely dependent on the choice of the reference ingredient and its assigned or measured digestibility values (Morales *et al.* 1994). By the choice of a reference ingredient as one of the test ingredients in the DRM method, both methods' strengths can effectively be combined (Glencross and Hawkins 2004a; Glencross *et al.* 2004b). Studying nutrient utilization and ingredient use was carried out by a variety of experiment types differing in diet design, ingredient inclusion and feeding strategy as it well demonstrated by (Glencross *et al.* (2007).

The functionality of ingredients can be taken into account from point of view of feed industry requirements for pelletization or extrusion (Thomas and van der Poel, 2001) or even their effect on fish growth and fillet quality (e.g. producing functional food by Se supplementation (Pacitti *et al.*, 2015) of feed or using alternative vegetable oils) (Monge-Ortiz *et al.*, 2017).

Using special feed additives is a growing practice in fish feed development. Such additives can be exogenous enzymes (Hardy, 2000; Kazerani and Shamsavani, 2011) or phytic acid (Liu *et al.*, 2017) which affect digestibility directly. Other kinds of feed additives that influence digestibility indirectly but effectively are the so called synergetics which is the name coined for pre- and probiotics jointly. Use of pre- and probiotics is growing extensively (Carnevali *et al.*, 2017; Cerezuela *et al.*, 2011; Ganguly *et al.*, 2013). Application of phytochemicals can also be done by feeding them which can affect fish growth and feed utilization by different ways (Chakraborty and Hancz, 2011; Chakraborty *et al.* 2013).

A new branch of biological sciences called "omics" is gaining more and influence also in different areas of today's aquaculture from genetics and immunology to nutrition. First results of metabolomics (Samuelsson and Larson, 2008) and nutrigenomics (Alfaro and Young, 2016; Young and Alfaro, 2016; Leaver *et al.*, 2008; Sam and Król, 2017) have already appeared, and surely will be followed by many others opening new perspectives in fish nutrition science and practice as it was foretold by Jobling (2017) who also presented the setup of "omics" in a figure (Figure 5).

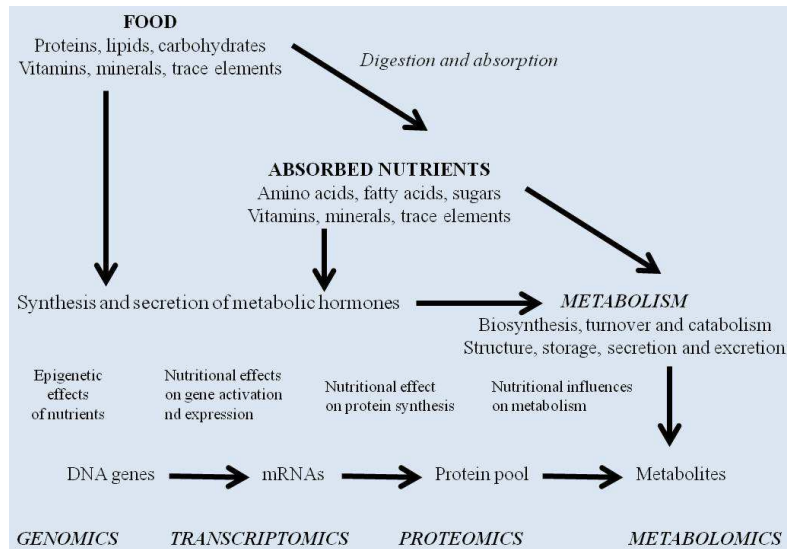


Figure 5.

**Interrelationship of “omics” and metabolism**  
*Jobling (2017)*

**CONCLUSIONS**

Specific features of fish metabolism guarantee competitiveness with homeotherms in meat production. However, high protein requirement of fish inspired an intense metabolism research from the beginnings of the intensive aquaculture to make ground for the development of sustainable feed production.

The fast development of ecophysiology is producing valuable results in measuring standard and maximum metabolic rates of fish which certainly will be useful also in research work aiming aquaculture development.

Determination of ADC became an everyday practice of experimental methodology in fish nutrition studies, although there are no standardized methods, neither in marker use nor in feces collection, so to mention two from the most crucial questions.

Testing and evaluating new alternative protein and energy sources to minimize the use of FM and FO needed to develop the RRL method to determine adequate daily ration and also the DRM and IRM method for ingredient inclusion in studies on digestibility.

Metabolomics and nutrigenomics offer new ways of approximation in areas of primary importance in the future development of aquaculture.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

The work was supported by the European Fisheries Fund Fisheries Operation Programme III. axis “European Fisheries Fund for Renewable Fisheries” provided by the EU and Hungary.

**REFERENCES**

Aksnes, A., Hjertnes, T. Opstvedt, J. (1996) Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. *Aquaculture*, 140, 343–359.  
 Alfaro, A.C., Young, T. (2016) Showcasing metabolomic applications in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 8, 1-18.  
 Allameh, S.K., Soofiani, N.M., Pourezza, J. (2007) Determination of digestible and metabolizable energy of fishmeal and soybean meal in rainbow trout with two different

- sizes (*Onchorhynchus mykiss*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(20). 3722-2725.
- Amirkolaie, A.K., El-Shafai, S.A., Eding, E.H., Schrama, J.W., Verreth, J.A.J. (2005) Comparison of faecal collection method with high- and low-quality diets regarding digestibility and faeces characteristics measurements in Nile tilapia. Aquaculture Research, 36(6). 578-585.
- Blyth, D., Tabrett, S., Bourne, N., Glencross, B. (2015) Comparison of faecal collection methods and diet acclimation times for the measurement of digestibility coefficients in barramundi (*Lates calcarifer*). Aquaculture Nutrition, 21(2). 248-255.
- Braaten, B.R. (1979) Bioenergetics – a review on methodology. Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Ed Halver and Tiews, Berlin. Vol.II. 461-504.
- Brett, J.R., Groves, T.D.D. (1979) Physiological energetic. In “Fish Physiology, Vol. VIII, Bioenergetics and Growth (W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, eds.) Academic Press. New York and London.
- Brody, S. (1945) Bioenergetics and growth. New York, Reinhold Hafner Press. 1023 p.
- Bureau, D.P., Kaushik, S.J., Cho, C.Y. (2002) Bioenergetics. In: Fish Nutrition 3rd edn. ed by J.E. Halver and R.W. Hardy. Academic Press San Diego.USA. pp: 1-59.
- Carnevali, O., Maradonna, F., Gioacchini, G. (2017) Integrated control of fish metabolism, wellbeing and reproduction: The role of probiotic. Aquaculture 472. 144-155.
- Carter, C.G., Brafield, A.E.(1991) The bioenergetics of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.): energy allocation at different planes of nutrition. Journal of Fish Biology, 39(6). 873-887.
- Cerezuela, R., Meseguer, J., Angeles E. (2011) Current knowledge in synbiotic use for fish aquaculture. A Review. Aquaculture Research and Development. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.S1-008>
- Chabot, D., Steffens, J.F., Farrell, A.P. (2016a) The determination of standard metabolic rate in fishes. Journal of Fish Biology, 88. 81–121.
- Chabot, D., McKenzie, D.J., Craig, J.F. (2016b) Metabolic rate in fishes: definitions, methods and significance for conservation physiology. Journal of Fish Biology, 88. 1–9.
- Chakraborty, S.B. and Hancz, C. (2011) Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. Reviews in Aquaculture 3. 103–119.
- Chakraborty, S.B., Horn, P., Hancz, C. (2013) Application of phytochemicals as growth-promoters and endocrine modulators in fish culture Reviews in Aquaculture 5. 1–19.
- Cho, C.Y., Slinger, S.T., Bayley, H.S. (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. Comp Biochem Phys. 73B. 25-41.
- Choubert, G., de La Noüe, J., Luquet, P. (1979) Continuous quantitative automatic collector for fish feces. Progressive Fish-Culturist, 41(2). 64-67.
- Clarke, A., Johnson, N.M. (1999). Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. J. Anim. Ecol. 68. 893-905.
- Davis, A. ed. (2015) Feed and Feeding Practices in Aquaculture. Woodhead Publishing. p. 432.
- De La Noüe, J., Choubert, G. (1986) Digestibility in rainbow trout: Comparison of the direct and indirect methods of measurement. Progressive Fish-Culturist, 48(3). 190-195.
- Dietz, C., Stiller, K.T., Griese, M., Schilz, C., Susenbeth, A. (2013) Influence of salinity on energy metabolism in juvenile turbot, *Psetta maxima* (L.). Aquaculture Nutrition, 19(1). 135-150.
- Focken, U., Hörstgen-Schwark, G., Lückstädt, C., Becker, K. (1994).. Growth, metabolic rates and body composition of individually reared triploid tilapia (*Oreochromis*

- niloticus*) in comparison to diploid full-sibs. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 148. 214-222.
- Ganguly, S.; Dora, K.; Sarkar, S.; Chowdhury, S. (2013) Supplementation of prebiotics in fish feed: a review. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 23(2).195-199.
- Guo, Y., Lv, J., Lin, Q., Li, L. (2005) Effect of protein levels on growth, feed utilization, nitrogen and energy budget in juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. Aquaculture Nutrition, 11. 427-433.
- Glencross, B.D., Booth, M., Allan G.L. (2007) A feed is only as good as its ingredients - a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquaculture Nutrition, 13 (1). 17–34.
- Glencross, B.D., Carter, C.G., Duijster, N., Evans, D.E., Dods, K., McCafferty, P., Hawkins, W.E., Maas, R., Sipsas, S. (2004a) A comparison of the digestive capacity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when fed a range of plant protein products. Aquaculture, 237. 333–346.
- Glencross, B.D., Hawkins, W.E., Curnow, J.G. (2004b) Nutritional assessment of Australian canola meals. I. Evaluation of canola oil extraction method, enzyme supplementation and meal processing on the digestible value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). Aquac. Res., 35. 15–24.
- Grisdale-Helland, B., Takle, H., Helland, S.J. (2013) Aerobic exercise increases the utilization efficiency of energy and protein for growth in Atlantic salmon post-smolts. Aquaculture 416–417
- Hardy, R.W. (2000) New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. In: Cruz-Suarez et al (eds.) Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola 19-22 Noviembre 2000. Mérida Yucatán Mexico. 216-226.
- Härtel, H. (1977) Between N-Corrected metabolisable energy and nutrient content of feeds for chickens. Archiv für Geflügelkunde, 41. 152–182.
- Heintz, M.C., Lemme, A., Schulz, C. (2015) Measurement of digestibility in agasrtic fish based on stripping method – apparent nutrient, energy and amino acid digestibilities of common feed ingredients for carps diet. Aquaculture nutrition. 22. 1065-1078.
- Helland, S.J., Grisdale-Helland, B., Nerland, S. (1996) A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. Aquaculture, 139. 157–163.
- Hien, T.T.T., Phu, T.M., Tu, T.L.C., Duc, P.M., Bengtson, D.A. (2017) Effects of replacing fish meal with soya protein concentrate on growth, feed efficiency and digestibility in diets for snakehead, *Channa striata*. Aquaculture Research 48(6). 3174-3181.
- IFFO -The Marine Ingredients Organisation. <http://www.iffonet/>
- Jobling, M., (2017) Bioenergetics in Aquaculture Settings, In Reference Module in Life Sciences, Elsevier, 2017, ISBN: 978-0-12-809633-8, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.03202-7>
- Johnston, I.A., Dunn, J. (1987) Temperature acclimation and metabolism in ectotherms with particular reference to teleost fish. Symp Soc Exp Biol., 41. 67-93.
- Kaushik, S.J. (1986) Environmental effects on feed utilization. Fish Physiology and Biochemistry, 2. 131-140.
- Kaushik, S.J., de Olivia-Teles, A. (1985) Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture 50. 89-101.
- Kaushik, S.J., Médale, F. (1994) Energy requirements, utilization and dietary supplies to salmonods. Aquaculture, 124. 81-97.
- Kazerani, H.R., Shahsavani, D. (2011) The effect of supplementation of feed with exogenous enzymes on the growth of common carp. Iranian Journal of Veterinary Research, 12. 127-132.

- Kleiber, M. (1961) *The Fire of Life – an Introduction to Animal Energetics*. Wiley, New York.
- Leaver, M.J., Bautista, J.M., Björnsson, B.T., Jönsson, E., Krey, G., Tocher, D.R., Torstensen, B.E. (2008) Towards fish lipid nutrigenomics: Current state and prospects for finfish aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* Volume 16, Issue SUPPL.1, 71-92.
- Liu, L.W., Liang, X.-F., Li, J., Yuan, X.C., Fang, J.G. (2017) Effects of supplemental phytic acid on the apparent digestibility and utilization of dietary amino acids and minerals in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Nutrition*. 00:1–8. <https://doi.org/10.1111/anu.12614>
- Lovell RT.(1989) *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold; New York. p. 260.
- Kronveit, R.I., Bendiksen, E.A., Aunsmo, A. (2014) Field monitoring of feed digestibility in Atlantic salmon farming using crude fiber as an inert marker. *Aquaculture*, 426-427. 249-255.
- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2017) Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476. 79-85.
- Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Rodríguez-Barreto, D., Martínez-Llorens, S., Pérez, J.A., Jover-Cerdá, M., Lorenzo, L. (2017) Replacement of fish oil with vegetable oil blends in feeds for greater amberjack (*Seriola dumerili*) juveniles: Effect on growth performance, feed efficiency, tissue fatty acid composition and flesh nutritional value. *Aquaculture Nutrition* | DOI: 10.1111/anu.12595
- Morales, A.E., Cardenete, G., De la Higuera, M., Sanz, A. (1994) Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilisation in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124. 117–126.
- NRC – National Research Council (1993) *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academies Press. p 360.
- Otha, M., Watanabe, T.M. (1996) Dietary energy budgets in carp. *Fisheries Science* 62: 745-753.
- Pacitti, D., Lawan, M.M., Sweetman, J., Martin, S.A.M., Feldman, J., Secombes, C.J. (2015) Selenium Supplementation in Fish: A Combined Chemical and Biomolecular Study to Understand Sel-Plex Assimilation and Impact on Selenoproteome Expression in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) *PlosOne*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127041>
- Pucher, J., Ngoc, T.N., ThiHanYen, T., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M., Focken, U. (2014) Earthworm meal as fishmeal replacement in plant based feeds for common carp in semi-intensive aquaculture in rural Northern Vietnam. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14. 557-565.
- Rawles, S.D., Thompson, K.R., Brady, Y.J., Twibell, R.G., Webster, C.D. (2010) A comparison of two faecal collection methods for protein and amino acid digestibility coefficients of menhaden fish meal and two grades of poultry by-product meals for market-size sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition* 16(1). 81-90.
- Sam, M., Król, E. (2017) Nutrigenomics and immune function in fish: new insights from omics technologies. *Dev Comp Immunol*. 75. 86-98.
- Samuelsson, L., Larsson, J. (2008) Contributions from metabolomics to fish research. *Molecular BioSystems* 4. 974-979
- Saravanan, S., Geurden, I., Figueiredo-Silva, A.C., Verreth, J., Schrama, J.W. (2013) Voluntary feed intake in rainbow trout is regulated by diet-induced differences in oxygen use. *Journal of Nutrition*, 143. 781-788.

- Sklan, D., Prag, T., Lupatsch, I. (2004) Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictiob in diets for tilapia *Oreochromis niloticus x Oreochromis auerus*. Aquaculture Research 35. 358-364.
- Skov, P.V., Pedersen, L.F., Pedersen, P.B. (2013) Nutrient digestibility and growth in rainbow trout are impaired by short term exposure to moderate supersaturation in total gas exposure. Aquaculture, 416-417. 179-184.
- Smith, L.S. (1980) Digestion in teleost fish. Aquaculture development and coordination programme. Fish feed technology. FAO <http://www.fao.org/3/a-x5738e/x5738e02.htm>
- Smith, R.R. (1971) A method for measuring digestibility and metabolizable energy for fish feeds. Progressive Fish-Culturist 33. 132.
- Smith, R.R., Winfree, R.A., Rumsey, G.W., Allred, A., Peterson, M.(1995) Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the World Aquaculture Society 26(4). 432-437.
- Stadtlander, T., Khalil, W.K., Levavi-Sivan, B., Kerem, Z., Dweik, H., Qutob, M., Abu-Lafi, S., Focken, U., Becker, Z. (2013). Effects of saponin fractions from fenugreek and the soap bark tree in the diet on performance of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Planta Med. 79. SL-64.
- Tacon, A. G. J. ; Metian, M., (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285: 146-158.
- Thomas, M., van der Poel, A.F.B. (2001) Functional properties of diet ingredients: manufacturing and nutritional implications. In: Advances in Nutritional Technology 2001 (van der Poel, A.F.B., Vahl, J.L. & Kwakkel, R.P. eds), pp. 109–122. Proceedings of the 1st World Feed Conference, Utrecht, Netherlands, 7–8 November, Wageningen Press, Wageningen
- Tytler, P., Calow, P. (1985) In “Fish energetic: New Perspectives”. Croom Helm, London.
- Watanabe, T.M., Otha, M., (1995) Digestible and Metabolizable Energy of Various Diets for Carp and Rainbow Trout. Fisheries Science, 61. 215-222.
- Webster, C.D. , Lim, C. (eds.) (2002): Nutrition and fish health. Food Products Press. New York-London-Oxford p. 365.
- Wei, Y., Liang, M., Mu, Y., Zheng, K., Xu, H. (2006) The effect of ultrafiltered fish protein hydrolysate level on growth performance, protein digestibility and mRNA expression of PepT1 in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) Aquaculture Nutrition 22(5). 1006-1017.
- Weatherly, A.H., Gill, H.S. (1989) The Biology of Fish Growth. Academic Press Limited. London.p. 443.
- Willoughby, S. (1999) Manual of Salmonid Farming. Blackwell Science INC, Oxford.
- Young, T., Alfaro, A.C. (2016) Metabolomic strategies for aquaculture research: a primer. Reviews in Aquaculture, 8. 1-31.

Corresponding author:

**Dániel Varga**

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

Department of Aquaculture and Fishery

H-7401 Kaposvár, P.O. Box 16.

Tel.: +36-82-505-800, Fax: +36-82-321-749

e-mail: [varga.daniel@ke.hu](mailto:varga.daniel@ke.hu)



# Effects of different European catfish feeds on production parameters and water quality in limnocorrals

Z. Nagy<sup>1,2</sup>, M. Havasi<sup>2,3</sup>, D. Gál<sup>2</sup>, Cs. Hancz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kaposvár University, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

<sup>2</sup> Research Institute for Fisheries and Aquaculture, 5540 Szarvas, Anna-liget 8., Hungary

<sup>3</sup> University of Pannonia, 8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Hungary

## ABSTRACT

*Fishmeal replacement in diets for intensive aquaculture has become a high priority area for the global aquaculture industry. In this study, a 95 day long experiment was carried out between June and September with one-year-old European catfish (*Silurus glanis*) ( $72.7 \pm 1.3$  g initial weight). The fish were fed with 6 isocaloric and isoproteic (35% CP) feeds in three replications. Feeds differed according to the main protein source as follows: fish meal (FM), meat meal (AP), corn (SC), wheat (SW), wheat treated with Axtra XB xylanase (SW-A), wheat treated with Belfeed B 1100 MP xylanase (SW-B). FM diet was regarded as the control. The mean body weight rose from  $72.7 \pm 1.3$  g to  $325.9 \pm 14.2$  g. The mean body weights of AP and FM groups differed significantly from the SW, SW-A and SW-B groups. The SGR range was significantly higher in the AP and FM diets. The feed conversion ratio of AP group did not differ from the FM group significantly. Significant differences were found among the water quality parameters in case of total suspended solids (TSS). Significant differences were also found among FM, AP and SW-A treatments in the Kjeldahl-N content of the sediment at the end of the experiment. According to the results processed animal protein is a suitable alternative instead of fish meal. Enzymatic supplementations have not been as useful as expected. Its reason needs further investigation.*

(Keywords: European catfish, fish meal, animal protein, limnocorral)

## INTRODUCTION

European catfish (*Silurus glanis*), is the largest European freshwater fish. It is native to Eastern Europe and West Asia, it can be found in the larger rivers (The Danube, Volga catchment area), and lakes. It has been introduced to a number of Western European countries, France, Italy, Spain, and the UK. Due to its high growth potential and its efficient feed conversion (Heymann, 1990), it is successively produced in ponds (Mareš *et al.*, 1996, Ulikowski *et al.*, 2003), cages (Filipiak *et al.*, 1997, Ržaničanin *et al.*, 1984) and recirculation systems (Linhart *et al.*, 2002). Many previous studies have dealt with the growth of the catfish. Jungwirth (1986) carried out feeding experiment with zooplankton and trout feed at different temperatures in different age of groups. Manthey *et al.* (1988) bred three Siluriformes species (*Silurus glanis*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*) from larvae for two years with traditional trout feed, and the composition of the fillet was investigated by sensory and chemical measurements. The results of catfish feeding experiment in polyculture have been presented by Stevič (1989), who used Trouvit feed in his studies. To our knowledge, no information is available on the study of replacement of fish meal (FM) with processed animal protein (PAP) in European catfish. Accordingly, the aim of this study was to

assess the potential of using PAP versus soybean meal (SM) as FM substitute protein in practical diets of *Silurus glanis*. Changing of water quality traits during the trial was also analyzed.

## MATERIAL AND METHODS

### Experimental fish

In total 144 specimens of European catfish were applied in  $72.7 \pm 5.2$  g initial weight. Fish were originated from a local fish farm, reared on artificial feeds in pond monoculture. 8-8 individuals were stocked in each enclosure ( $0.12 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Two weeks of acclimatization period were used before the experiment.

### Experimental system

The 95 day long experiment was carried out between June and September at Research Institute for Fisheries and Aquaculture, Szarvas, Hungary. 18 cylinder shaped limnocorrals, with 2 m diameter and  $5 \text{ m}^3$  volume, were used. These microcosms were made of non-transparent polyethylene and were open towards the bottom and the sky as well. At the bottom, wire net was burrowed into 20 cm deep to avoid escaping fish. The enclosures were set up in a  $700 \text{ m}^2$  earthen pond. The pond was drained and treated with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ( $357 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) prior to the experiment. Water originated from Körös River, but the flow through was ceased during the trial. Aeration was maintained in each limnocorral.

### Experimental diets

The experimental feeds were designed and formulated to meet or exceed the demand of a close relative species, the channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Robinson and Li, 1999; Robinson et al., 2001), as the nutrient requirements of European catfish are not determined yet. Diets were isonitrogenous and the amino acid composition was very similar, but the source of protein was different: animal and plant, or all plant sources. Six different practical diets (FM, AP, SC, SW, SW-A, SW-B) were fed proximate composition of which is shown in Table 1.

FM diet was regarded as the control, as it contained fish meal. AP diet contained some rendered animal protein, but no fish meal. SC and SW were the vegetable diets and contained no animal ingredients. These two feeds differed as besides soybean they contained mainly corn or wheat. SW-A and SW-B were practically the same as SW, but xylanase enzyme (Belfeed B 1100 MP, Beldem S. A., Belgium) were added to the SW-A, and beta-glucanase (Aextra XB, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) to SW-B in  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Fish were fed using automatic belt feeders. Daily ration was 1.3% initially which was raised to 2% by the end. All treatments were applied in triplicates.

### Chemical analysis

Water temperature, DO level ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), oxygen saturation (%), conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and pH (WTW Multi 3430, WTW GmbH., Germany) were measured multiple times per week. Water samples were taken from the pond and each enclosure before and during the experiment bi-weekly. Water samples were analyzed,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , TAN, TIN, TON,  $\text{PO}_4\text{-P}$  (Quickhem 8500, Hach, Loveland, USA) TP, TN (Lange Gaminede P, N), Chl-a (DR/4000U, Hach, Loveland, USA) TSS and concentration of metals (ICAP 6000, ICP-OES, Thermo Fisher Scientific Inc.) were measured. Samples were taken from the sediment also before and after the experiment. Besides of upper ones Kjeldahl-N (Büchi B-324) and metal content (ICAP 6000, ICP-OES, Thermo Fisher Scientific Inc.) were determined from these samples.



**Table 1.**

**Ingredients and proximate composition of experimental diets**

	Diet					
	FM	AP	SC	SW	SW-A	SW-B
<b>Ingredients (g·100g<sup>-1</sup>)</b>						
Soybean meal, solvent extracted	30.30	25.05	40.00	49.74	49.74	49.74
Fishmeal	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Meat meal	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corn	26.50	27.14	16.48	0.00	0.00	0.00
Corn gluten	12.20	18.80	19.10	15.44	15.44	15.44
Wheat	10.00	10.00	10.00	30.00	30.00	30.00
Canola meal, solvent extracted	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00
Mono-calcium phosphate	0.00	0.00	1.30	1.30	1.30	1.30
DL- Methionine	0.00	0.10	0.00	0.07	0.07	0.07
L-lysine	0.00	0.54	0.42	0.35	0.35	0.35
Sunflower oil	1.50	0.87	2.20	2.60	2.60	2.60
Vitamin- and Mineral Premix*	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
<b>Actual composition (g·100g<sup>-1</sup>)</b>						
Dry matter	89.40	90.70	88.90	89.50	89.50	89.50
Moisture	10.60	9.30	11.10	10.50	10.50	10.50
Crude protein	34.55	35.6	34.65	35.5	35.5	35.5
Lipid	5.05	5.15	4.39	4.49	4.49	4.49
Fibre	0.44	1.52	3.62	3.19	3.19	3.19
Ash	7.10	5.90	5.60	5.70	5.70	5.70

\*Vitamin A: 400 000 IU·kg<sup>-1</sup>, Vitamin D<sub>3</sub>: 200 000 IU·kg<sup>-1</sup>, Vitamin E: 6000 mg·kg<sup>-1</sup>, Vitamin K<sub>3</sub>: 918 mg·kg<sup>-1</sup>, Vitamin B<sub>1</sub>: 500 mg·kg<sup>-1</sup>, Vitamin B<sub>2</sub>: 1200 mg·kg<sup>-1</sup>, Vitamin B<sub>6</sub>: 1000 mg·kg<sup>-1</sup>, pantothenic acid: 3000 mg·kg<sup>-1</sup>, folic acid: 500 mg·kg<sup>-1</sup>, Vitamin C: 10 000 mg·kg<sup>-1</sup>, Ca: 22.8 g·100g<sup>-1</sup>, Fe: 6000 mg·kg<sup>-1</sup>, Zn: 40 324 mg·kg<sup>-1</sup>, Mn: 5022 mg·kg<sup>-1</sup>, Cu: 1000 mg·kg<sup>-1</sup>, Se: 22.5 mg·kg<sup>-1</sup>, I: 496 mg·kg<sup>-1</sup>, antioxidant: 2000 mg·kg<sup>-1</sup>.

**Calculations and statistical analysis**

Fish were measured individually with 0.1 g precision. Weight gain (WG), feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), specific growth rate (SGR) and coefficient of variance (CV) were calculated from the data as below:

$$\begin{aligned}
 \text{WG (g·fish}^{-1}\text{)} &= W_t/N_t - W_0/N_0 \\
 \text{FCR (feed·gain}^{-1}\text{)} &= I / (W_t - W_0 + W_d) \\
 \text{PER (gain·consumed protein}^{-1}\text{)} &= \text{WG}/P \\
 \text{SGR (\%·day}^{-1}\text{)} &= (\ln W_t - \ln W_0)/t \cdot 100 \\
 \text{CV (\%)} &= \text{SD}_{bw}/\text{mean}_{bw} \cdot 100
 \end{aligned}$$

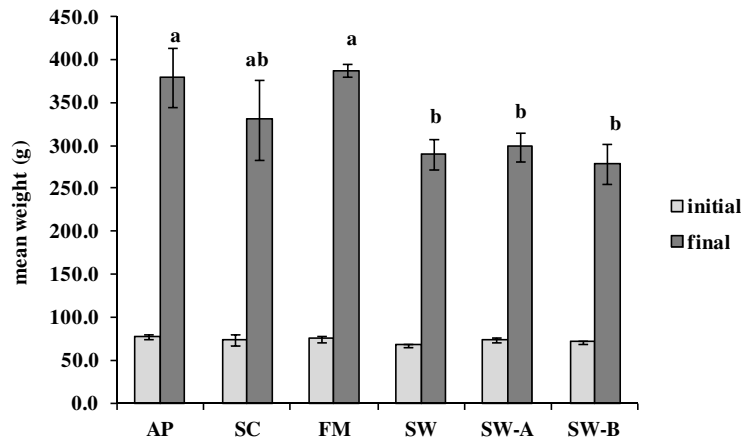
where  $I(g)$  is the total amount of offered feed,  $W_0(g)$  is the total initial body weight,  $W_t(g)$  is the total final body weight,  $W_d(g)$  is the dead fish weight,  $N_0$  is the number of fish at the beginning of trial, and  $N_t$  is the number of fish at the end of it,  $P(g)$  is the amount of consumed protein,  $t(d)$  is the duration of the trial and  $bw$  is body weight.

Shapiro-Wilk test and Kolmogorov-Smirnov probe were used to test normality, and Levene's test was applied to test the homogeneity of variances. Means were compared by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by LSD post hoc test in cases of normal kurtosis. Where distribution was not normal, non-parametric Kruskal-Wallis test was used for comparing means. Significance was accepted at  $P < 0.05$ .

**RESULTS**

At the beginning of the trial, there were no significant differences between mean body weights of the different groups (*Figure 1*). During the 95 days the mean body weight rose

from  $72.7 \pm 1.3$  g to  $325.9 \pm 14.2$  g (mean<sub>bw</sub>  $\pm$  S. E.). By the end of the trial mean body weights of AP and FM groups differed significantly from the SW, SW-A and SW-B groups. However, the final mean weight of SC group did not differ significantly from any of the other treatments.



**Figure 1.**

**Initial and final mean body weights of European catfish**

(Different superscripts indicate significant differences)

Results of the experiment including data of growth and feed efficiency are shown in *Table 2*. Weight gain for the whole experimental period was the highest in FM and AP groups, while it was the lowest in the case of the two enzyme treated diets. Weight gain of SW and SC differed significantly from FM, but not from AP group. For the total experimental period, SGR ranged from 1.43 (SW-B) to 1.73 (FM). Considering this parameter the enzyme-treated diets showed significantly poorer achievements than the AP and FM diets. The animal protein containing feeds did not differ significantly from each other.

**Table 2.**

**The performance traits of fish (mean  $\pm$  S.E.)**

Treatments	Weight gain (%)	SGR	FCR	PER
FM	418.28 <sup>a</sup> $\pm$ 20.95	1.73 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	1.13 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06	2.57 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08
AP	391.68 <sup>ab</sup> $\pm$ 34.80	1.67 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07	1.29 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.02	2.17 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.02
SC	348.88 <sup>abc</sup> $\pm$ 22.54	1.58 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.05	1.45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.06	1.99 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06
SW	330.08 <sup>bc</sup> $\pm$ 18.88	1.53 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.04	1.53 <sup>b</sup> $\pm$ 0.11	1.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07
SW-A	303.08 <sup>c</sup> $\pm$ 25.62	1.47 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06	1.55 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	1.84 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10
SW-B	290.55 <sup>c</sup> $\pm$ 25.84	1.43 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06	1.61 <sup>b</sup> $\pm$ 0.11	1.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.13

Mean values bearing different superscripts in a column are significantly ( $p < 0.05$ ) different

FCR varied between 1.13 and 1.61. Fish of the SW-B group presented the highest and the lowest was observed in the FM group respectively. The feed conversion of AP group did not differ from the FM group significantly. Protein utilization was found the best in the FM group with the value of 2.57 and lowest in the SW-B group (1.79). Regarding PER, there were significant differences found between FM group and all the animal protein free groups, but the AP group differed neither from FM nor from the plant protein based diets.

**Water quality**

Dissolved oxygen (DO) levels ranged between 6.2 and 7.0 mg l<sup>-1</sup> in the treatments. The highest value was in treatment SW-B, and lowest was in treatment SW. The changes were

similar among the treatments. In the first and the last period of the experiment DO levels increased and decreased in the middle period of the experiment. DO ranging from 2.73 to 12.33 mg l<sup>-1</sup>. The lowest values were measured (2.16 – 3.13 mg l<sup>-1</sup>) in all tanks 4<sup>th</sup> September. pH was relatively stable during the experiment, ranged between 6.5 and 8.8. The average water temperature (WT) was 23.23±3.27 °C during the experiment. The highest temperature was measured in the first decade in August. WT was decreased from August to the end of the experiment. The temperature ranged from 15.3 to 28.2 °C.

Samples were taken from the refill water, so the first values were agreed in the treatments. The concentration of total nitrogen (TN) changed similarly in all treatments during the culture period (Fig. 2a).

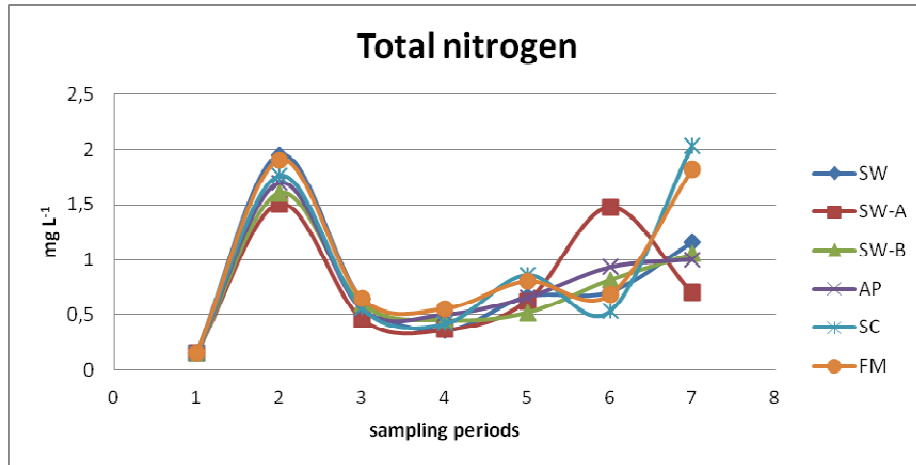


Figure 2a.

The concentration of total nitrogen in all treatments during the trial

Treatment SC and FM had the highest TN level (2.03 and 1.82 mg l<sup>-1</sup>) at the end of the experiment. The values of total ammonia nitrogen (TAN) changed periodically during the experiment (Fig. 2b).

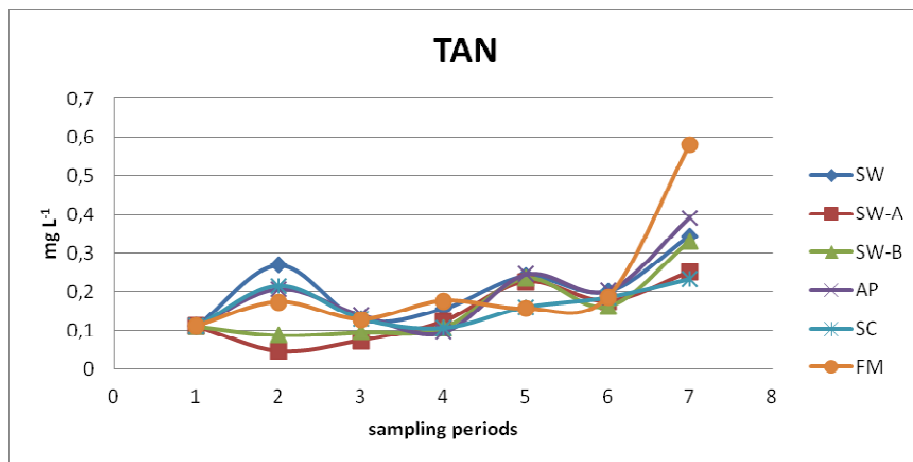


Figure 2b.

The concentration of total ammonia nitrogen in all treatments during the trial

At the end of the experiment, the values were higher in all treatment than at the start of the experiment. The highest value was in treatment FM (0.579 mg l<sup>-1</sup>) at the end of the experiment. We did not find significant difference in this parameter. The values of nitrite-nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) are shown in Figure 2c.

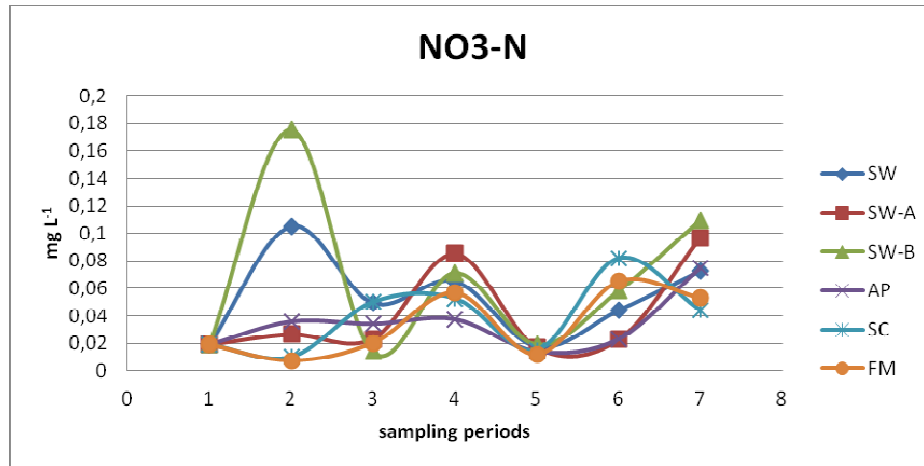


Figure 2c.

**The concentration of nitrate-nitrogen in all treatments during the trial**

The concentration of NO<sub>3</sub>-N in treatment SW and SW-B was very high (0.175 and 0.105 mg l<sup>-1</sup>) at the second sampling date. The values changed periodically and more or less contrarily to TAN in the middle of the experiment. The concentration increased in all treatments to the end of the experiment. Treatment SW-A and SW-B had the highest NO<sub>3</sub>-N level (0.1 and 0.11 mg l<sup>-1</sup>), treatment SC had the lowest NO<sub>3</sub>-N level (0.04 mg l<sup>-1</sup>) at the end of the study. We did not find significant difference between the treatments. The values of orthophosphate (PO<sub>4</sub>-P) increased the first time of the experiment in all treatments (Fig. 2d).

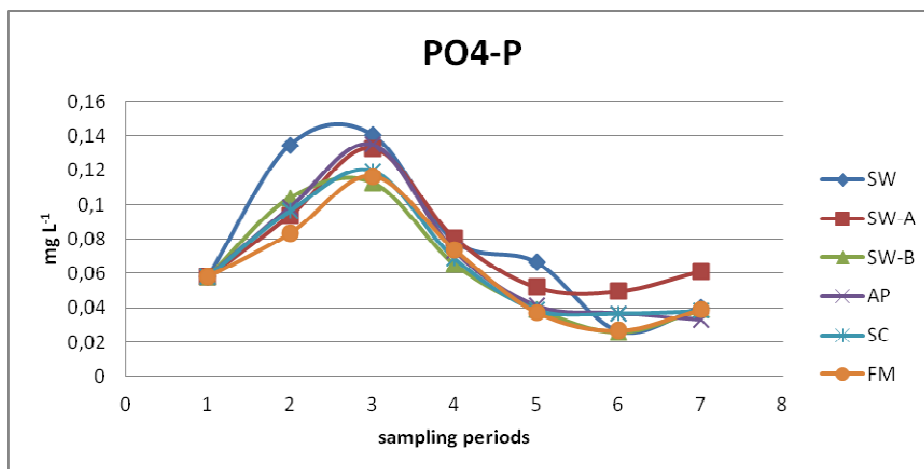
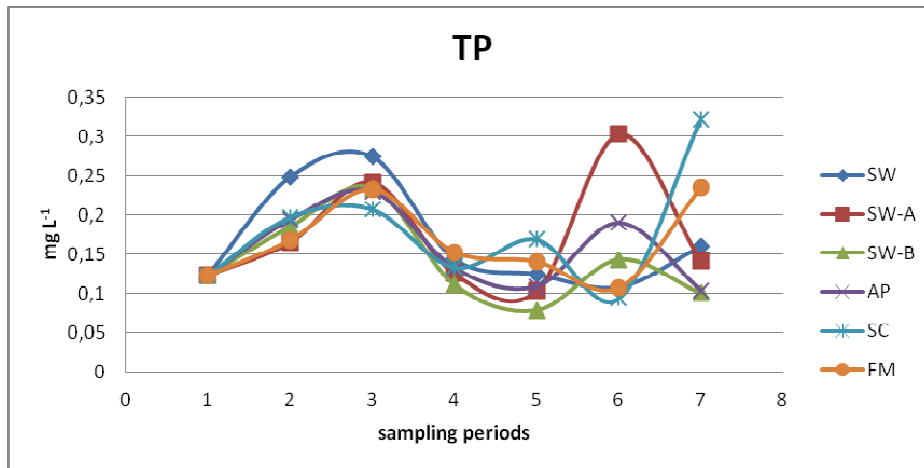


Figure 2d.

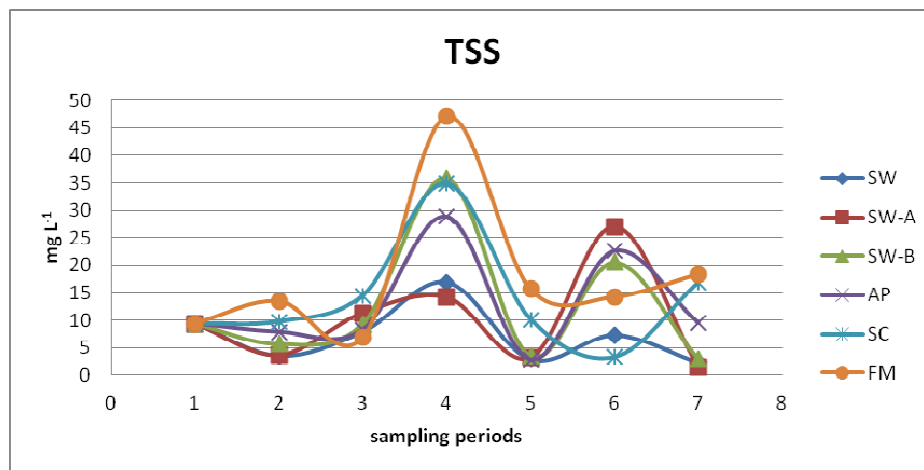
**The concentration of orthophosphate in all treatments during the trial**

From early July the values decreased in all treatments until September. The end of the experiment the concentrations increased slightly. We did not find significant difference between the treatments. The concentration of total phosphorus (TP) was changed similarly in the treatments in the first half period of the experiment (Fig. 2e).



**Figure 2e.**  
The concentration of total phosphorus in all treatments during the trial

The changing of values of TP was similar than the values of PO<sub>4</sub>-P. The concentrations were higher in treatment SW-A (0.303 mg l<sup>-1</sup>) at the 6<sup>th</sup> sampling date and in treatment SC (0.322 mg l<sup>-1</sup>) and FM (0.235 mg l<sup>-1</sup>) at the last sampling date. The values of total suspended solids (TSS) were changeful during the experiment (Fig. 2f).



**Figure 2f.**  
The concentration of total suspended solids in all treatments during the trial

Double concentrations were observed during the study, in treatment FM (47.2 mg l<sup>-1</sup>), SC (34.87 mg l<sup>-1</sup>), AP (28.93 mg l<sup>-1</sup>) and SW-B (35.87 mg l<sup>-1</sup>) at the 4<sup>th</sup> sampling date; SW-A (27.07 mg l<sup>-1</sup>), SW-B (20.52 mg l<sup>-1</sup>) and AP (22.62 mg l<sup>-1</sup>) at the 6<sup>th</sup> sampling date. We found significant difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments in the last sampling date.

The water quality parameters (mean±SD, maximum, minimum) are shown in Table 3. Total ammonia nitrogen was similar in treatment SW, AP, FM, and SC, SW-A, SW-B too, but the differences were not statistically different. The highest values of NO<sub>3</sub>-N were measured at the end of June. The means of NO<sub>3</sub>-N were similar in treatment SC, AP, and FM. The minimum values of NO<sub>2</sub>-N and TN harmonized with each other. The lowest values were found in the refill water. The highest average value of TN was in treatment FM and SC. The average total suspended solid was the higher in treatment FM. The biggest difference was found between the treatment FM and SC, but it was not statistically significant. The concentration of Chlorophyll-a was the highest in treatment FM and SC. The concentration was below the measuring range in treatment SW and SW-B at the last sampling date.

**Table 3.****Water quality parameters (mean±SD, maximum, minimum)**

	SC	SW	SW-A	SW-B	AP	FM
TAN (mg L <sup>-1</sup> )	0.17±0.06	0.22±0.01	0.15±0.09	0.17±0.14	0.21±0.11	0.23±0.17
max	0.29	0.47	0.38	0.66	0.57	0.76
min	0.09	0.11	0.03	0.02	0.05	0.1
NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0.04±0.04	0.06±0.06	0.05±0.04	0.07±0.12	0.04±0.03	0.04±0.03
max	0.15	0.26	0.15	0.5	0.11	0.12
min	0.01	0.01	0.01	0.004	0.002	0.001
NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0.03±0.02	0.05±0.04	0.02±0.01	0.03±0.02	0.03±0.02	0.02±0.02
max	0.07	0.15	0.06	0.085	0.09	0.07
min	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TN (mg L <sup>-1</sup> )	0.98±0.7	0.88±0.63	0.82±0.51	0.81±0.47	0.85±0.52	1.02±0.74
max	2.51	2.79	1.76	1.7	2.07	3.16
min	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
PO <sub>4</sub> -P (mg L <sup>-1</sup> )	0.07±0.03	0.08±0.05	0.08±0.04	0.06±0.03	0.07±0.04	0.06±0.03
max	0.13	0.17	0.15	0.12	0.14	0.12
min	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
TP (mg L <sup>-1</sup> )	0.18±0.08	0.17±0.08	0.18±0.08	0.14±0.06	0.16±0.06	0.17±0.07
max	0.37	0.33	0.4	0.26	0.26	0.39
min	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04
TSS (mg L <sup>-1</sup> )	14.62±10.99	6.92±7.97	10.1±9.55	12.76±15.42	13.12±11.48	18.79±16.14
max	47.2	35.4	33.6	52	36.8	65
min	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	3.1
Chl-a (mg L <sup>-1</sup> )	41.18±57.86	13.14±17.78	26.22±51.62	18.84±23.89	15.26±23.02	42.82±50.61
max	189	78.7	210	84.6	81.8	195
min	5.92	<1	1.06	<1	2.54	2.54

**Sediment**

The results of analysis of sediment are shown in *Table 4*. Dry matter content in the sediment increased in all treatments at the end of the experiment. This increase was the lowest in treatment SW-A (1.57 m/m %) and AP (1.64 m/m %) and the highest in treatment SC (10 m/m %) and SW (12.53 m/m %). In the treatment SW-B and FM, the increase was 5.4 m/m % and 6.24 m/m %. There were no significant differences among the treatments at the end of the experiment, although we found at the start of the experiment. The content of Kjeldahl-N (KN) increased in the sediment in treatment SC (46.67 mg l<sup>-1</sup>) and SW (155 mg l<sup>-1</sup>). The content of KN decreased in another four treatment (SW-A: 95.11 mg l<sup>-1</sup>; SW-B: 220.33 mg l<sup>-1</sup>; AP: 107.66 mg l<sup>-1</sup>; FM: 33.33 mg l<sup>-1</sup>). The highest value of KN was in treatment FM (1456.67 mg l<sup>-1</sup>), it was significantly higher (p<0.5) than the value of treatment AP and SW-A. The value of KN in treatment SC (1346.67 mg l<sup>-1</sup>) was significantly higher (p<0.5) than the value of treatment AP and SW-A too. The difference between treatment SW and SW-A was significant (p<0.5) too. The content of P decreased in dry matter in all treatment. We found significant difference (p<0.5) in the content of P of sediment between the treatment at the start of the experiment. We did not find significant difference between the treatments at the end of the experiment. The decrease was the lowest in treatment SW, 62.7 %. The highest decreases were in treatments SC and FM, 78.1 %. The values of manganese increased during the experiment. The lowest values were in treatment SC and AP. These were significantly lower (p<0.5) than the values of another treatment. The highest increase was in treatment SC and

AP. The values of the end of the experiment were seven times higher than the start of the experiment. These values were four times higher in another treatment. In content of Mn was significantly different ( $p < 0.5$ ) between the treatments.

**Table 4.**  
**Mean±SD of dry matter, Kjeldahl-N and phosphorus at the start (S) and end (E) of the experiment**

		Dry matter	Kjeldahl N	P	Mn
		m/m%	mg/L	mg/kg d.m.	mg/kg d.m.
SC	S	47.57±1.62	1300±34.64	2643.33±102.14	903.33±11.55
	E	57.57±2.97	1346.67±281.48	579.67±41.06	6723.33±551.94
SW	S	54.8±3.57	1138.33±211.68	2006.67±222.79	1246.67±58.59
	E	67.33±2.32	1293.33±135.03	748±135.5	5766.67±524.33
SW-A	S	63.03±6.03	920.33±324.71	1880±196.98	1413.33±271.35
	E	64.6±4.61	825±222.79	499.33±125.62	6550±1135.83
SW-B	S	51.07±3.46	1320±255.34	2303.33±250.07	1513.33±110.6
	E	56.47±7.35	1099.67±416.25	539±58.62	6850±858.1
AP	S	55.03±1.16	1021.33±84.29	2060±87.18	933.33±11.55
	E	56.67±3.3	913.67±83.44	517±72.67	6750±502.1
FM	S	46.43±2.37	1490±230.65	2776.67±263.88	1413.33±56.86
	E	52.67±4.36	1456.67±225.02	608.67±81	5943.33±397.03

## DISCUSSION

European catfish groups fed FM and AP diets showed good growth and feed utilization in the current study. The performance of catfish fed on plant protein source with fish meal or meat meal was significantly better than that on fish fed on only plant protein source. This study demonstrated that soybean meal with corn and meat meal is an acceptable alternative feed component in a European catfish diet. This is in agreement with the results obtained with several fish species. *Kaushik et al.* (2004) demonstrated that the fish meal and oil can be replaced with soybean meal, corn, and wheat gluten in 74 % in the diet for European seabass (*Discentrarchus labrax*). The growth of African catfish reduced significantly on the diet which included more than 50 % extruded or extracted soy and less than 15 % fish meal (*Hoffman et al.* 1997). Mean weight and SGR of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed on diet including 60 % soybean meal, was negatively impacted (*Imorou Toko et al.*, 2008). *Davies and Gouveia* (2008) observed that more than 20 % soybean meal content decreased the growth of African catfish. In their experiment values of FCR and SGR were better than our results at 28 % fishmeal and 31 % pea protein concentrate. *Cho and Lowell* (2002) showed that at constant digestible energy (3.08 kcal g<sup>-1</sup>) in the diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) the FCR slightly improved as the dietary protein and soybean meal level increased. Animal protein total replacement with soybean meal (36 or 45 % protein) in channel catfish fry diet did not limited the growth of fish (*Sink et al.*, 2010). *Collins et al.* (2012) reported that the increasing SBM content affected negatively the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Hernández et al.* (2007) reported that fishmeal replacement with soybean meal at a rate of 40% or more, negatively impacted the growth of small size sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*). In the diet of juvenile tin foil barb soybean meal may be included up to 37 % as a substitute for fish meal (*Elangovan and Shim* 2000).

Substitution of fish meal with soybean meal plus amino acids or other protein sources in the diet of fishes has also been well documented. *Fagbenro* (1999) reported that the growth of African catfish was reduced at 80 % replacement of fish meal with winged bean meal, but when the winged bean meal was supplemented with methionine there was no significant difference between the treatments. *Essa et al.* (2011) used three different dry yeast levels in African catfish (*Clarias gariepinus*) feeds and reported that the diet supplemented 2 % brewery yeast could improve significantly the FCR, this value was identical with our result obtained in AP treatment. Similar results reported in the experiment with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (*M. Abdel-Tawwab et al.*, 2008). Fish meal could totally be replaced with a methionine supplemented soybean meal at protein level settled to 35 % in diet for blue catfish fed until satiation (*Webster et al.*, 1995). *Kikuchi* (1999) reported that 35 % of fish meal can be replaced with soybean meal in combination with blood meal, corn gluten meal and blue mussel meat in the diet of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*).

It was revealed in our study that high level of soybean meal (50 % in diet SW, SW-A, SW-B) in the diet reduced the growth significantly. This reduction could have been due to higher FCR and lower PER (Table II). Similar results have also been reported in earlier studies with yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) (*Vivayakarn et al.*, 1992), sea bream (*Sparus aurata*) (*Kokou et al.*, 2012), rainbow trout (*Pongmaneerat and Watanabe*, 1992), coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) (*Arndt et al.*, 1999), cobia (*Rachycentron canadum*) (*Chou et al.*, 2004) and saddled bream (*Oblada melanura*) (*Antolović et al.*, 2012).

*Filipiak et al.*, (1997) used a commercial trout feed (Aller Mölle 3800-903; 48.5 % crude protein, 14.4 % lipids) to feed European catfish. In their experiment, the values of SGR (3.35 – 1.9) and FCR (0.9 – 1.42) were better than our results at 2 % of feed ratio. *Ulikowski et al.*, (2003) obtained similar results in a 62 days experiment with trout feed (46 % protein, 14 % fat) at 1-1.7 % feed ratio. *Zaikov et al.* (2008) reported mean SGR values of 0.99 and 1.12 % day<sup>-1</sup> for Wels fed on one-year-old common carp.

Water quality management is of great importance in aquaculture in these days. It is strongly influenced by stocking density, fish species, feeding methods (quality and quantity of nutrients) and the systems to be used. The water temperature (23.23±3.27 °C) was within the suitable range for European catfish. In the 80s other authors reported aboz this species' thermal optimum (*Müller and Váradi*, 1980, *Hilge*, 1985, *Jungwirth*, 1986).

Concentrations of nitrogen forms and chlorophyll-a increased and the concentration of DO decreased in all treatments. Similar results found in channel catfish ponds *Cole and Boyd* (1986), *Tucker et al.*, (1979) and *Hollerman and Boyd* (1980). *Farrelly et al.*, (2015) observed similar results in intensively aerated pond system. Nitrite-nitrogen concentrations averaged below 0.03 mg L<sup>-1</sup> until the end of August. The accumulation of nitrite apparently resulted in denitrification in the sediment. *Lovell* (1979) has been reported methemoglobinemia in channel catfish by elevated nitrite concentrations. In this study, the condition was not observed. The increasing concentration of TAN probably resulted from greater feeding rates and from disturbance of sediments by mixing near the end of the experiment. *McGee and Boyd* (1983) observed similar result in the case of TAN in their experiment.

According to the results processed animal protein is a suitable alternative instead of fish meal. Enzymatic supplementations have not been as useful as expected. Its reason needs further investigation. Meat meal has not changed the water quality parameters compared to other treatments.



## ACKNOWLEDGEMENT

The support of the “Quality Changes in the traditional pond fish farming structures; development of new, complex breeding, feeding and management technology environment” project (GOP-1.1.1-11-2011-0028) is gratefully acknowledged.

## REFERENCES

- Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., Ismael, N.E.M. (2008) Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged *in situ* with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 280. 185-189.
- Antolović, N., Kožul, V., Antolović, M., Bolotin, J. (2012) Effects of Partial Replacement of Fish Meal by Soybean Meal on Growth of Juvenile Saddled Bream (Sparidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12. 247-252.
- Arndt, R.E., Hardy, R.W., Sugiura, S.H., Dong, F.M. (1999) Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* 180. 129-145.
- Cho, S.H., Lovell, R.T. (2002) Variable feed allowance with constant protein input for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) cultured in ponds. *Aquaculture* 204. 101-112.
- Chou, R.L., Her, B.Y., Su, M.S., Hwang, G., Wu, Y.H., Chen, H.Y. (2004) Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 229. 325-333.
- Cole, B.A., Boyd, C.E. (1986) Feeding rate, water quality and channel catfish production in ponds. *The Progressive Fish-Culturist* 48. 25-29.
- Collins, S.A., Desai, A.R., Mansfield, G.S., Hill, J.E., van Kessel, A.G., Drew, M.D. (2012) The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. *Aquaculture* 344-349. 90-99.
- Davies, S.J., Gouveia, A. (2008) Enhancing the nutritional value of pea seed meals (*Pisum sativum*) by thermal treatment or specific isogenic selection with comparison to soybean meal for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 283. 116-122.
- Elangovan, A., Shim, K.F. (2010) The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture* 189. 133-144.
- Essa, M.A., Mabrouk, H.A., Mohamed, R.A., Michael, F.R. (2011) Evaluating different additive levels of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, on the growth and production performances of a hybrid of two populations of Egyptian African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 320. 137-141.
- Fagbenro, O.A. (1999) Comparative evaluation of heat-processed Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) meals as partial replacement for fish meal in diets for the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture* 170. 297-305.
- Farrelly, J.C., Chen, Y., Shresta, S. (2015) Occurrences of growth related target dissolved oxygen and ammonia in different catfish pond production systems in southeast Arkansas. *Aquacultural Engineering* 64. 68-77.
- Filipak, J., Sadowski, J., Trzebiatowski, R. (1997) Comparative analysis of results of using different food rations in juvenile wels (*Silurus glanis*) culture. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 27(1). 41-51.

- Hernández, M.D., Martínez, F.J., Jover, M., García García, B. (2007) Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. *Aquaculture* 263. 159-167.
- Heymann, A. (1990) Intensivzucht des Welses (*Silurus glanis*) in Warmwasser mit Trockenfutter. *Z. Binnen fisch.* 37(12). 382-384.
- Hilge, V. (1985) Der einfluß der temperatur auf das Wachstum des europäischen Welses (*Silurus glanis* L.). *Journal of Applied Ichthyology* 1(1). 18-27.
- Hoffman, L.C., Prinsloo, J.F., Rukan, G. (1997) Partial replacement of fish meal with either soybena meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*. *Water SA* 23(2). 181-186.
- Hollerman, W.D., Boyd, C.E. (1980) Nightly aeration to increase production of Channel catfish. *Transactions of the American Fisheries Society* 109. 446-452.
- Imorou Toko, I., Fiogbe, E.D., Kestemont, P. (2008) Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture* 275. 298-305.
- Jungwirth, M. (1986) Temperatur- und Nahrungsansprüche verschiedener Altersstadien des Welses (*Silurus glanis*, L.) bei Intensivaufzucht. *Österreichs Fischerei* 39. 174-185.
- Kaushik, S.J., Coves, D., Dutto, G., Blanc, D. (2004) Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 230. 391-404.
- Kikuchi, K. (1999) Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 179. 3-11.
- Kokou, F., Rigos, G., Henry, M., Kentouri, M., Alexis, M. (2012) Growth performance, feed utilization and non-specific immune response of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of a bioprocessed soybean meal. *Aquaculture* 364-365. 74-81.
- Linhart, O., Štěch, L., Švarc, J., Rodina, M., Audebert, J.P., Grecu, J., Billard, R. (2002) The culture of the European catfish, *Silurus glanis*, in the Czech Republic and in France. *Aquatic Living Resources* 15(2). 139-144.
- Lovell, R.T. (1979) Factors affecting voluntary food consumption by channel catfish. In: J.E. Havler and K. Tiews (Editors), *Fish Nutrition and Fishfeed Technology*, Volume 1. Heenemann, Berlin, Germany, 555- 564.
- Manthey, M., Hilge, V., Rehbein, H. (1988) Sensory and chemical evaluation of three catfish species (*Silurus glanis*, *Ictalurus punctatus*, *Clarias gariepinus*) from intensive culture. *Arch. Fisch. Wiss.* 38. 215-227.
- Mareš, J., Jirásek, J., Ondra, R. (1996) Results of rearing two-year-old European Wels (*Silurus glanis*, L.) in pond stocked with intensively cultured yearling. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 26(1). 93-101.
- McGee, M.V., Boyd, C.E. (1983) Evaluation of the influence of water exchange in channel catfish ponds. *Transactions of the American Fisheries Society* 112. 557-560.
- Mueller, F., Váradi, L. (1980) The results of cage fish culture in Hungary. *Aquacult. Hung.* 2. 154-167.
- Pongmaneerat, J., Watanabe, T. (1992) Utilization of Soybean Meal as Protein Source in Diets for Rainbow Trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58(10). 1983-1990.
- Robinson, E.H., Li, M.H. (1999) Evaluation of Practical Diets with Various Levels of Dietary Protein and Animal Protein for Pond-Raised Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of the World Aquaculture Society* 30(2). 147-153.
- Robinson, E.H., Li, M.H., Manning, B.B. (2001) Evaluation of Corn Gluten Feed as a Dietary Ingredient for Pond-Raised Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of the World Aquaculture Society* 32(1). 68-71.

- Ržaničanin, B., Treer, T., Safner, R. (1984) Rezultati prvog kaveznog uzgoja soma (*Silurus glanis*, L.) u Vranskom jezeru kod Biograda n/m. Ribarstvo Jugoslavije 39. 32-35.
- Sink, T.D., Lochmann, R.T., Pohlenz, C., Buentello, A., Gatlin III, D. (2010) Effects of dietary protein source and protein–lipid source interaction on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) egg biochemical composition, egg production and quality, and fry hatching percentage and performance. *Aquaculture* 298. 251-259.
- Stević, I. (1989) Problematika hranidbe soma u kaveznim uvjetima i njeno rješavanje. Savjetovanje o ribarstvu na hidroakumulacijama Mostar, 213-220.
- Tucker, L., Boyd, C.E., McCoy, E.W. (1979) Effects of feeding rate on water quality, production of Channel catfish and economic returns. *Transactions of the American Fisheries Society* 108. 389-396.
- Ulikowski, D., Szczepkowski, M., Szczepkowska, B. (2003) Preliminary studies of intensive wels catfish (*Silurus glanis*, L.) and sturgeon (*Acipenser Sp.*) pond cultivation. *Archives of Polish Fisheries* 11(2). 295-300. p.
- Vivayakarn, V., Watanabe, T., Aoki, H., Tsuda, H., Sakamoto, H., Okamoto, N., Iso, N., Satoh, S., Takeuchi, T. (1992) Use of Soybean Meal as a Substitute for Fish Meal in a Newly Developed Soft-Dry Pellet for Yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58(10). 1991-2000.
- Webster, C.D., Tiu, L.G., Tidwell, J.H., Reed Jr., E.B. (1995) Effects of feeding the repartitioning agent L644,969 on growth and body composition of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, fed diets containing two protein levels reared in cages. *Aquaculture* 134. 247-256.
- Zaikov, A., Iliev, I., Hubenova, T. (2008) Investigation on growth rate and food conversion ratio of Wels (*Silurus glanis* L.) in controlled conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 14(2). 171-175.

Corresponding author:

**Zoltán Nagy**

Research Institute for Fisheries and Aquaculture

H-5540 Szarvas, Anna-liget 8.

Tel.: +36-70-440-3151

e-mail: nagy.zoltan@haki.naik.hu



# **Intakt tyúktojás alkotóinak becsülhetősége komputer tomográffal a képfelvételezéshez használt vizsgálati paraméterek, valamint az egyszerre vizsgált tojások számának függvényében – metodikai értékelés**

**Milisits G.<sup>1</sup>, Donkó T.<sup>2</sup>, Emri M.<sup>3</sup>, Kovács Gy.<sup>4</sup>, Szentirmai E.<sup>1</sup>,  
Bajzik G.<sup>2</sup>, Sütő Z.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Állattudományi Intézet  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

<sup>3</sup>Debreceni Egyetem, Orvos- és Egészségtudományi Centrum, Nukleáris Medicina Intézet  
4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

<sup>4</sup>Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék  
4028 Debrecen, Kassai út 26.

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

*Kísérletünkben 120 tyúktojás CT vizsgálatát végeztük el különböző műszaki beállítások (eltérő áramerősség és csőfeszültség), valamint különböző elrendezések (tojástartó, tojástálcán) mellett, az egyes tojásalkotók (tojásfehérje, tojássárgája, tojáshéj) minél pontosabb, feltörés nélküli meghatározhatósága érdekében. A kísérleti tojások mindegyikéről 18 felvételsorozat készült (kétféle elrendezés, kilencféle műszaki beállítás) teljes átfedéssel és 3 mm-es szeletvastagság alkalmazásával, egy Siemens Somatom Emotion 6 típusú CT készülékkel. Az elkészült felvételek értékeléséhez egy fejlesztés alatt álló szoftvert használtunk, amely a tojások szétválogatását és automatikus sorszámozását követően, meghatározta az egyes tojások fehérjéjének, sárgájának és héjának térfogatát, majd kiszámította azoknak a teljes tojás térfogatához viszonyított arányát. A CT vizsgálatot követően a tojásokat feltörtük, az egyes tojásalkotók (sárgája, fehérje és héj) súlyát megmértük, majd azoknak a teljes tojás súlyához viszonyított arányát kiszámítottuk. A feltört tojások egyes alkotóinak a teljes tojás súlyához viszonyított aránya és a CT felvételek alapján kalkulált térfogat arányuk közötti összefüggést Pearson féle korrelációs számítással határoztuk meg. A képfelvételezéshez használt vizsgálati paramétereknek (áramerősség és csőfeszültség), valamint az egyszerre vizsgált tojások számának az összefüggések szorosságára gyakorolt hatását többtényezős varianciával elemeltük. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a tojások tojástartóban, kettesével történő vizsgálata statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb eredményeket szolgáltatott, mint a tojások tojástálcán, ötösével történő vizsgálata. A korrelációs együtthatók alakulásában a képfelvételezéshez használt különböző vizsgálati paraméterek egyik tojásalkotó esetében sem eredményeztek szakmailag figyelemre méltó eltéréseket.*

(Kulcsszavak: tyúktojás, tojásösszetétel, komputer tomográfia)

## ABSTRACT

### **Non-destructive predictability of hen egg composition by means of computer tomography in the function of applied scanning parameters and number of eggs examined simultaneously – methodological study**

MILISITS, G.<sup>1</sup>, DONKÓ, T.<sup>2</sup>, EMRI, M.<sup>3</sup>, KOVÁCS, GY.<sup>4</sup>, SZENTIRMAI, E.<sup>1</sup>, BAJZIK, G.<sup>2</sup>, SÜTŐ, Z.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Animal Science  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

<sup>2</sup>Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Diagnostic and Radiation  
Oncology  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

<sup>3</sup>University of Debrecen, Medical and Health Science Center, Department of Nuclear Medicine  
4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

<sup>4</sup>University of Debrecen, Faculty of Informatics, Department of Computer Graphics and Image Processing  
4028 Debrecen, Kassai út 26., Hungary

*In the present study scanning of 120 hen eggs was carried out by computer tomography (CT) at different technical parameters (different current intensity and tube voltage) and at different arrangement of eggs (eggs in egg holders and trays) in order to find the best accuracy of prediction in the determination of different egg components (albumen, yolk and shell) in intact eggs. Eighteen series of CT scans were made from all of the experimental eggs (nine different technical parameters in two types of arrangement) using overlapping 3 mm slice thickness on a Siemens Somatom Emotion 6 multislice CT scanner. Due to the applied arrangements two and five eggs were scanned simultaneously in egg holders and trays, respectively. On the CT images obtained the volume of the albumen, yolk and shell was determined by a self-developed egg-separation and segmentation software. Using the data obtained the ratio of the volume of these egg components to the volume of the whole eggs was calculated. After the CT measurements eggs were broken and their albumen, yolk and shell weight was measured and then their ratio to the whole egg weight was calculated. Between the CT predicted and measured egg component ratios Pearson correlations were calculated. The effect of the applied scanning parameters (current intensity and tube voltage) and the number of eggs examined simultaneously on the observed correlations was examined by Multivariate Analysis of Variance. Based on the results it was established that the simultaneous scanning of two eggs in the egg holders resulted in significantly higher correlations than the simultaneous scanning of five eggs in the egg trays. The reason of this could be the better resolution of the CT scans, when only two eggs are scanned simultaneously, instead of five. Namely, an egg is represented by more pixels (CT image elements) in this case and, therefore, the separation of the anatomical structures is more exact by the edge detecting algorithm. The use of the different scanning parameters did not result notable differences of the correlations.*

(Keywords: hen egg, egg composition, computer tomography)

## BEVEZETÉS

A baromfitenyésztőket régóta foglalkoztató kérdés, hogy a tojások súlya, vagy pedig azok összetétele befolyásolja-e jobban a belőlük kikelő madarak életképességét, illetve azok későbbi fejlődését. Ennek a kérdésnek a megválaszolását sokáig nehezítette, hogy nem álltak rendelkezésünkre olyan vizsgálati módszerek, amelyek a tojások feltörése nélkül tették volna lehetővé azok alkotóinak pontos meghatározását. A tojásösszetétel feltörés nélküli

meghatározására először *Williams és mtsai* (1997) tettek kísérletet, akik az ún. TOBEC (Total Body Electrical Conductivity) módszert felhasználva vizsgálataikhoz, szignifikáns összefüggéseket mutattak ki a tojások elektromos vezetőképessége, valamint azok víztartalma, illetve a tojásfehérje szárazanyag-tartalma között különböző baromfifajok esetében.

*Williams* és munkatársai eredményének ismeretében magunk is végrehajtottunk egy kísérletet, amiben az említett módszernek a tojásösszetétel becsülhetőségére való alkalmasságát teszteltük (*Milisits és mtsai*, 2005). Ebben a kísérletben megállapítottuk, hogy a tojások súlyának és elektromos vezetőképességének az ismeretében a tyúktojások víz- és zsírtartalma közepes ( $R^2=0,47$ , illetve  $R^2=0,49$ ;  $P<0,001$ ), míg fehérjetartalma csak igen gyenge megbízhatósággal becsülhető ( $R^2=0,18$ ;  $P=0,013$ ).

Az egyes tojásalkotók pontosabb becsülhetősége érdekében ezért a továbbiakban egy másik módszernek – a komputer tomográfiának (CT) – az alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Választásunk azért esett erre a nem invazív technikára, mert több korábbi kísérletben is bizonyítást nyert már, hogy ez a módszer eredményesen használható különböző állatfajok – köztük a baromfi – testösszetételének élő állapotban történő vizsgálatára (*Bentsen és Sehested*, 1989; *Svihus és Katie*, 1993; *Andrássy-Baka és mtsai*, 2003). Az intakt tojás összetételének becsülésében azonban a módszer alkalmazása eleinte nem tűnt sikeresnek, mivel a tojássárgája és a tojásfehérje – ellentétben az állatok izom- és zsírszövetével – a röntgensugár elnyelési értékek alapján nem bizonyult szétválaszthatónak (*Milisits és mtsai*, 2009). Ennek a problémának a kiküszöbölésére ezért egy új képértékelő szoftver került kidolgozásra (*Donkó és mtsai*, 2010), aminek az alkalmazásával a CT felvételek alapján becsült és a tojások feltörése után mért sárgája arány között már szorosabb korrelációt találtunk, mint korábban a TOBEC módszerrel becsült sárgája arány esetén. Jelen kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy a CT felvételek elkészítéséhez használt különböző műszaki beállítások és az egyszerre vizsgált tojások száma hogyan befolyásolja az elkészült felvételek minőségét és információtartalmát, ezáltal a tojásalkotók becsülhetőségének pontosságát.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérletünket 120 tyúktojással végeztük, melyek a Bábolna TETRA Kft.-től, 36 hetes, Golden Plymouth eredetű, súlygyarapodásra és tollszínre szelektált, új nemesítésű állománytól származtak. A tojásokat a Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetébe szállítottuk, ahol hatszeletes komputer tomográf berendezéssel (Siemens Somatom Emotion 6) került sor a felvételek elkészítésére.

A tojásokat kétféle elrendezésben helyeztük a vizsgáló asztalra: egyik esetben 10 db-os tartó dobozban (1. kép), a másik esetben pedig 30 db-os tálcán (2. kép). Így a dobozoknál 2 (3. kép), a tálcáknál pedig 5 (4. kép) tojást vizsgáltunk párhuzamosan.

Valamennyi tojást – mindkét elrendezésben – az alábbi műszaki beállítások mellett vizsgáltuk:

- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 40 mAs, csőfeszültség: 130 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 80 mAs, csőfeszültség: 130 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 80 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 110 kV,
- áramerősség: 120 mAs, csőfeszültség: 130 kV,

A tojásokról így összesen 18 felvételsorozat (kétféle elrendezés, kilencféle műszaki beállítás) készült, melyek elkészítéséhez spirál adatgyűjtési módot, 1-es asztalsebességet (pitch) és 3 mm-es szeletvastagságot használtunk. A képek rekonstrukciója a tojástartóknál 110 mm-es, a tálcáknál 260 mm-es látómezőben történt.



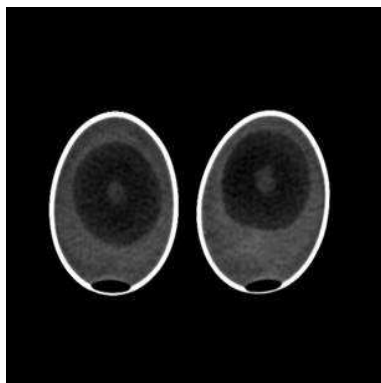
**1. kép (Image 1)**

**A tojások elhelyezése tojástartóban**  
*Arrangement of eggs in egg holder*



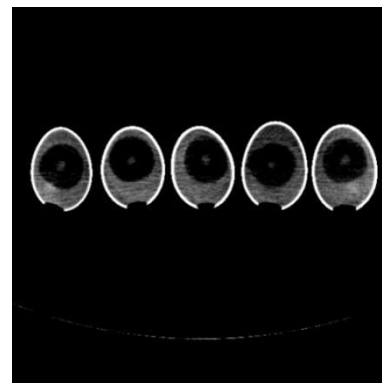
**2. kép (Image 2)**

**A tojások elhelyezése tojástálcán**  
*Arrangement of eggs in egg tray*



**3. kép (Image 3)**

**Tojástartóban vizsgált tyúktojások keresztmetszeti képe**  
*Cross-sectional image of eggs examined in egg holder*



**4. kép (Image 4)**

**Tojástálcán vizsgált tyúktojások keresztmetszeti képe**  
*Cross-sectional image of eggs examined in egg tray*

A digitális keresztmetszeti felvételeket dicom fájlformátumban archiváltuk a feldolgozás céljára. A képfeldolgozáshoz szükséges algoritmusokat a MultiModal Medical Imaging szoftverrendszer segítségével implementáltuk (Emri és mtsai, 2016). A kidolgozott programok segítségével Linux operációs rendszer alatt készítettük el a képek automatikus elemzését végrehajtó szkripteket. Ezek első lépésben a dicom képekből automatikusan elvégezték a tojások külön válogatását és sorszámozását. A második lépésben az egyes alkotók elsődleges meghatározásához egyszerű küszöbölést alkalmaztunk. A küszöbölés során kapott eredményeket felhasználva, egy adaptív régiónövelő algoritmus segítségével kaptuk a szegmentáció végeredményét, ami alapján kiszámítottuk a tojások egyedi sárgája, fehérje és héj térfogatát.

A CT vizsgálatot követően a tojásokat feltörtük, majd az egyes tojásalkotók (sárgája, fehérje és héj) szétválasztását követően azok súlyát megmértük, a teljes tojás súlyához viszonyított arányukat pedig kiszámítottuk.

Az egyes tojásalkotók CT felvételek alapján kalkulált, illetve a tojások feltörése után számított aránya közötti összefüggést Pearson féle korrelációs számítással határoztuk meg. A

képfelvételezéshez használt vizsgálati paramétereknek (áramerősség és csőfeszültség), valamint az egyszerre vizsgált tojások számának az összefüggések szorosságára gyakorolt hatását többtényezős varianciánálízissel vizsgáltuk. Az adataink statisztikai elemzéséhez az SPSS statisztikai programcsomagot (*SPSS for Windows*, 1999) használtuk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A képfelvételezéshez használt technikai paraméterek közül elsőként az áramerősség hatását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy annak változtatása egyik vizsgált tojásalkotó esetében sem befolyásolta szignifikánsan a CT felvételek alapján becsült, illetve a feltörés után mért arányok összefüggésének szorosságát (*1. táblázat*).

Az eredményül kapott korrelációs együtthatók értékei minden vizsgált áramerősség mellett századra azonosnak adódtak mind a sárgája, mind a fehérje, mind pedig a héj esetében.

Az áramerősséggel ellentétben a csőfeszültségnek a CT felvételek alapján becsült, illetve a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságára gyakorolt hatása a fehérje és a héj esetében is statisztikailag igazolhatónak bizonyult (*1. táblázat*). Fontos azonban megjegyezni, hogy az eltérő csőfeszültség alkalmazásával készült felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságában tapasztalt különbségek szakmailag nem tekinthetők jelentősnek és a korrelációs együtthatók alakulásában sem lehet semmilyen egyértelmű tendenciát megfigyelni.

Az egyszerre vizsgált tojások számának a CT felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének szorosságára gyakorolt hatását vizsgálva arra a megállapításra jutottunk, hogy a tojások tojástartóban, kettesével történő vizsgálata statisztikailag igazolhatóan kedvezőbb korrelációs együtthatókat eredményezett minden tojásalkotó esetében, mint a tojások tojástálcán, ötösével történő vizsgálata (*1. táblázat*). Ennek feltehetően az lehet a magyarázata, hogy a tojástartóban kettesével vizsgált tojások képei részletgazdagabbak voltak, hiszen a kisebb látómezőhöz ugyanakkora képfelbontás társult. Ennek eredményeként ebben az esetben egy-egy tojást sokkal több képpont jellemzett, aminek köszönhetően az egyes struktúrák elkülönítése az értékelés során alkalmazott algoritmus számára pontosabban elvégezhető volt.

Az egyszerre vizsgált tojások száma leginkább a tojássárgája-arány meghatározhatóságának pontosságát befolyásolta. A tojástartóban kettesével, illetve a tojástálcán ötösével történt vizsgálat során kapott korrelációs együtthatók értékei ugyanis ez esetben tértek el a leginkább egymástól: a kettesével történt tojásvizsgálat során kapott korrelációs együttható értéke 0,066-del haladta meg az ötösével történt tojásvizsgálat során kapott korrelációs együttható értékét. A tojáshéj esetében ez a különbség 0,023-nek, a tojásfehérje esetében pedig 0,006-nek adódott, mindkét esetben a kettesével történt vizsgálat javára.

Az egyes tojásalkotók meghatározhatóságának pontosságát vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy minél nagyobb egy adott tojásalkotónak a mennyisége, annál pontosabban becsülhető annak a tojáson belüli aránya. Ennek megfelelően a CT felvételek alapján becsült és a feltörés után mért tojásalkotó arányok összefüggésének vizsgálata során a legszorosabb összefüggéseket a tojásfehérje, a leggyengébbeket pedig a tojáshéj esetében figyeltük meg.



**1. táblázat**

Az egyes tojásalkotók CT-vel becsült és feltörés után mért aránya közötti összefüggések (korrelációs együtthatók) alakulása a képfelvételezéshez használt vizsgálati paraméterek és az egyszerre vizsgált tojások számának függvényében

Tojásalkotó (1)	Áramerősség (2) (mAs)			Csőfeszültség (3) (kV)			Egyszerre vizsgált tojások száma (4)		Szignifikanciaszint (5) (P)			S. E. (6)
	40	80	120	80	110	130	2	5	Áramerősség (2)	Csőfeszültség (3)	Egyszerre vizsgált tojások száma (4)	
<b>Sárgája (7)</b>	0,748	0,747	0,746	0,751	0,756	0,734	0,780	0,714	0,983	0,234	<0,001	0,009
<b>Fehérje (8)</b>	0,894	0,891	0,893	0,885 <sup>a</sup>	0,892 <sup>b</sup>	0,902 <sup>c</sup>	0,896	0,890	0,635	<0,001	0,006	0,002
<b>Héj (9)</b>	0,680	0,681	0,681	0,676 <sup>a</sup>	0,689 <sup>b</sup>	0,676 <sup>a</sup>	0,692	0,669	0,989	0,015	<0,001	0,003

Table 1.

Correlations between CT predicted and measured egg component ratios in the function of applied scanning parameters and number of eggs examined simultaneously

*Egg component(1), Current intensity(2), Tube voltage(3), Number of eggs examined simultaneously(4), Level of significance(5), Standard error of overall mean(6), Yolk(7), Albumen(8), Shell(9)*

## KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérletünk eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az intakt tyúktojások tojástálcán történő vizsgálatával ugyan valamivel pontatlanabb az egyes tojásalkotók tojáson belüli részarányának meghatározhatósága a tojástartóban történő vizsgálathoz képest, de ez az eltérés nem olyan mértékű, hogy az akadálya lehetne a tojásalkotók tojástálcán történő meghatározásának nagy mennyiségű tojás vizsgálata esetén.

Az egyes tojásalkotók feltörés nélküli meghatározhatóságában elért becslési pontosságok egyelőre kielégítőnek tűnnek, de az eredmények ismeretében feltehetően lesz még lehetőség azok további javítására. Ehhez az automatikus képértékelő szoftver folyamatos fejlesztésére, illetve a felvételezés részletgazdagságának javítására lesz szükség. Ezek közül az előbbi esetben megoldást jelenthet például újabb algoritmusok alkalmazása, illetve azoknak az adott problémára történő illesztése, míg az utóbbi esetben az egy tojáról készült keresztmetszeti felvételek számának növelése, azaz az egyes felvételek szeletvastagságának a csökkentése.

Az elvégzett kísérlet legjelentősebb eredménye, hogy sem az áramerősség, sem a csőfeszültség változtatása nem okozott érdemi különbséget az egyes tojásalkotók becslésének pontosságában, ami azt jelenti, hogy a legkisebb áramerősség és a legkisebb csőfeszültség (40 mAs, 80 kV) – azaz a legkisebb sugárterhelés – mellett ugyanolyan jó minőségű felvételeket nyerhetünk, aminek különösen keltetőtojások CT vizsgálatakor lesz majd nagy jelentősége.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Széchenyi 2020 program keretében, az Európai Unió Európai Regionális Fejlesztési Alapjának társfinanszírozásával, a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 számú projekt támogatásával valósult meg.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Andrássy-Baka, G., Romvári, R., Milisits, G., Sütő, Z., Szabó, A., Locsmándi, L., Horn, P. (2003) Non-invasive body composition measurement of broiler chickens between 4-18 weeks of age by computer tomography. *Archiv für Tierzucht*, 46. 585-595.
- Bentsen, H.B., Sehested, E. (1989) Computerized tomography of chickens. *British Poultry Science*, 30. 575-589.
- Donkó, T., Emri, M., Opposits, G., Milisits, G., Sütő, Z., Orbán, A., Repa, I. (2010) Development of new image evaluation software and its applicability in the in vivo prediction of egg yolk content in hen's eggs depending on some CT acquisition parameters. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 14. 289-293.
- Emri, M., Aranyi, S. Cs., Balkay, L., Opposits, G., Pohubi, L., Spisák, T., Trón, L. (2016) Multimodális orvosi képfeldolgozó programok fejlesztése akadémiai környezetben. *Egészség Akadémia*, 7. 61-70.
- Milisits, G., Andrássy-Baka, G., Romvári, R. (2005) Prediction of hen's eggs composition by means of the TOBEC method. 4<sup>th</sup> International Symposium "Prospects for the 3<sup>rd</sup> Millennium Agriculture, Kolozsvár (Románia), 2005. október 6-7., In: *Buletinul*, 61. 1-6.
- Milisits, G., Donkó, T., Sütő, Z., Bogner, P., Repa, I. (2009) Applicability of computer tomography in the prediction of egg yolk ratio in hen's eggs. *Italian Journal of Animal Science*, 8. (Supplement 3). 234-236.
- SPSS for Windows (1999) Version 10.0, Copyright SPSS Inc.

- Svihus, B., Katie, J. (1993) Computerized tomography as a tool to predict composition traits in broilers. Comparisons of results across samples and years. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 43. 214-218.
- Williams, T.D., Monaghan, P., Mitchell, P.I., Scott, I., Houston, D.G., Ramsey, S., Ensor, K. (1997) Evaluation of a non-destructive method for determining egg composition using total body electrical conductivity (TOBEC) measurements. *Journal of Zoology*, 243. 611-622.

Levelezési cím (corresponding author):

**Milisits Gábor**

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

7400 Kaposvár Guba S. u 40.

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

7400 Kaposvár Guba S. u. 40., Hungary

Tel.: +36-82-505-800

e-mail: milisits.gabor@ke.hu



# Situation of benzimidazole resistance in *Haemonchus contortus* in southwestern Hungary

G. Nagy<sup>1</sup>, Á. Cshivicsik<sup>2</sup>, L. Sugár<sup>1</sup>, A. Zsolnai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

<sup>2</sup>Kaposvár University, Institute of Diagnostic Imaging and Radiation Oncology  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

## ABSTRACT

*Among the gastrointestinal nematodes of small ruminants Haemonchus contortus has almost the most overwhelming importance. This abomasal bloodsucking parasite has been presented all over the world, and it causes enormous economic and health problems in the sheep sector. A total of 189 adult male H. contortus worms were collected from sheep, bred southwestern Transdanubian region of Hungary, for monitoring whether the long-term usage of benzimidazoles could affect their effectiveness. The summarised allele frequencies, analyzed by RFLP-PCR, were 36.24% and 63.76% in case of susceptible and resistant ones, respectively. The proportion of homozygous susceptible (23.28%) and heterozygous (25.93%) worms were similar and the portion of homozygous resistant was about twice as much (50.79%). The correlation was pronouncedly significant between resistance allele frequency and the usage of benzimidazoles. According to our results, it seems the BZ resistance has appeared and extended within Haemonchus contortus in Hungarian sheep flocks.*

(Keywords: *Haemonchus contortus*, Hungary, sheep, benzimidazole resistance)

## INTRODUCTION

Among the gastrointestinal nematodes of small ruminants *Haemonchus contortus* has almost the most overwhelming importance. This abomasal bloodsucking parasite has been presented all over the world, including in Hungary; and it causes enormous economic and health problems in the sheep sector (Waller and Chandrawathani, 2005).

The treatment of gastrointestinal nematode infections could be feasible by broad-spectrum anthelmintics, which can be divided into three groups such as benzimidazoles (BZ), macrocyclic lactones (ML), imidazothiazoles (IT). In the recent years, it has seemed that the effectiveness of these drugs, mainly BZ and ML, reduced in many Hungarian sheep and goat flocks.

BZs are the most majorly used anthelmintics, due to their advantageous properties; such as high therapeutic index, the absence of toxic residuals in milk and meat and economical availability (Tiwari *et al.*, 2006). BZ resistance in *H. contortus* is associated with single-nucleotide polymorphisms (SNP) on codon 167, 198, and 200 of  $\beta$ -tubulin isotype 1 gene (Mottier and Prichard, 2008). The most relevant diagnostic tool is the detection of Phe200Tyr SNP on codon 200 (Coles *et al.*, 2006). The main advantages of molecular diagnostics are sensitivity and accuracy; therefore, even a low frequency of resistant alleles can be detected. On the other hand, comprehensive application of these methods is impeded by expenses.

Many factors could facilitate the occurrence and spread of anthelmintic resistance (AR) in worm populations. However; probably the most important one is the inadequate usage of drugs. The frequent usage of anthelmintics may result the development of AR (Waller, 1997).

Rigid defensive strategies, wherein the number of treatments may consist of 5 or more occasions, and a very strong selective pressure could modify the worm populations. The frequent drug usage supports the surviving of such parasites; which possesses resistance allele. By the continuous selection in the nematode population, the occurrence of resistance allele (R) could be dominant; and the susceptible allele (S) could be restricted, thus the given anthelmintics may lose their effectiveness.

The sub-optimal dosage may also play a role in AR development (Smith, 1990). The underdosing promotes the survival of not just homozygous resistant (RR) but heterozygous (RS) parasites. These fault treatments eliminate just homozygous susceptible (SS) specimens and result a domination of the R allele.

The long-term use of anthelmintics could contribute the increasing of AR level. The continuous usage of a given drug creates a selection against S, as it was shown in the case of frequent treatments. Some authors interpreted that permanent usage of BZ and ML without rotation has resulted AR in *H. contortus* in South Africa (van Wyk et al., 1988).

In Hungarian veterinary practice, one of the most preferred drug groups is BZ, which has been presenting in the market for several decades. The aim of our study was, whether the long-term usage of these anthelmintics could affect their effectiveness of worm control in the Hungarian small ruminant sector.

## MATERIAL AND METHODS

### Collection of parasites

Adult male *H. contortus* worms were collected from sheep flocks in the southwestern Transdanubian region of Hungary (Figure 1).

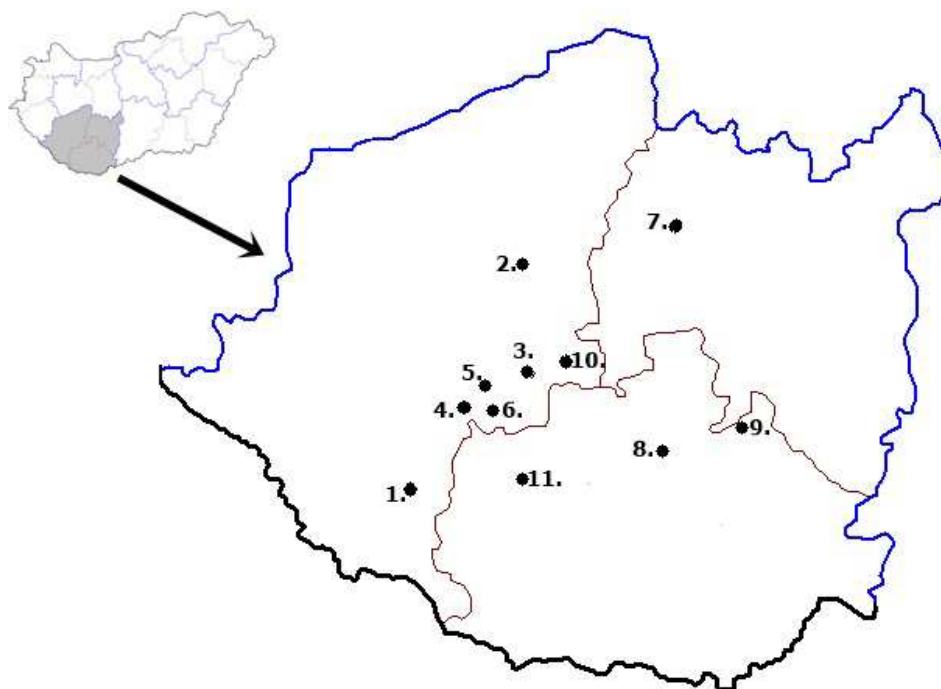


Figure 1.

### Localization of sheep flocks

The 189 specimens were isolated either from a regional abattoir, perished animals from the farms or during diagnostical necropsies from the diagnostic veterinary institute. In every case, an abomasal dissection was carried out as soon as possible after death, when we cut the organ

alongside the big curvature and placed in a plastic bucket filled saline solution. The worm collection was performed in a veterinary laboratory, where we washed thoroughly the abomasum mucosa and left the content to consolidate. After 5 minutes, the supernatant was decanted. This process was repeated till the supernatant had become lucid.

The worms were collected by their “barber pole” characteristics. The species identification was performed by a light microscope with 100X magnification, using the work of *Lichtenfels et al.* (1994). Until genotyping, the isolated parasites were kept in 96% alcohol.

### **DNA extraction and genotyping**

The genotypic analysis was carried out by Restriction Fragment Length Polymorphism-Polymerase Chain Reaction (PCR). The applied primer sequences were as follows: AvikaF : 5'- CTA CCCTTCCGTCCATCAA -3' and AvikaR: 5'- TGAAGACGAGGGAATGGAAC -3' (*Tiwari et al.*, 2006). Primers were designed to amplify a 303 bp fragment using DNA sequence of  $\beta$ -tubulin isotype 1 gene. PCR reactions were performed in a total volume of 10  $\mu$ l, containing 200  $\mu$ M of each dNTP, 0.2  $\mu$ M primers, 10  $\times$  PCR buffer, 0.5 unit Dynazyme DNA polymerase and 100 ng genomic DNA. The PCR cycling profile consisted of denaturation at 94°C for 3 min, 45 cycles of denaturation at 94°C (for 30 sec), annealing at 56 °C (for 30 min), and extension at 72°C (for 30 min), followed by a final extension at 72°C for 5 minutes. Digested fragments (by *TaaI* endonuclease) were resolved in 4% agarose gel stained with SYBR® Green II Nucleic Acid Gel Stain and visualised under UV light. Genotypes were determined based on the fragment lengths such as 305 bp S allele and 257 bp for R allele.

### **Data collection and statistical analysis**

The genotypic and allelic frequencies were determined by GenAlEx software 6.502 version (*Peakall and Smouse*, 2012) separately in every flock and all together.

In order to determine the linear correlation between BZ usage and R allele frequency (RALL), we have had a questionnaire was filled by farmers or their veterinaries. Information was collected about the average annual frequency of treatments in the past 3 years (BZAT) and since when the farmers have been using BZ (SBZU). The correlation was determined between variables by R statistical software, version 3.3.0 (<https://www.r-project.org/>).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

We examined a total of 189 male *H. contortus* derived from 11 different, southern Transdanubian sheep flocks. The BZ resistance was detected at codon 200 in  $\beta$ -tubulin isotype 1 gene. The occurrence of the three genotypes and the allele frequency showed a wide variety among the flocks (*Table 1*). The summarised allele frequencies were 36.24% (S) and 63.76% (R), respectively. The occurrence of SS and RS was similar (23.28% and 25.93%, respectively), and the proportion of RR was about twice as much (50.79%).

The homozygous susceptible genotype was observed in 5 flocks (2 flocks were SS in 100%). We found just a flock where all the collected worms were homozygous resistant. The correlation coefficients were very similar between the variables (RALL and BZAT: 0.7674; RALL and SBZU: 0.7789) and both connections proved to pronouncedly significant also (RALL and BZAT:  $p=0.0058$ ; RALL and SBZU: 0.0047).

**Table 1**

**Occurrence of different genotypic and the frequency of resistant and susceptible alleles in flocks**

Flock	Sample size	Genotypic frequency (%)			Allele frequency (%)	
		SS	RS	RR	S	R
No.1	15	0	30	70	16.7	83.3
No.2	15	0	26.7	73.3	13.3	86.7
No.3	15	0	20	80	10	90
No.4	15	0	26.7	73.3	13.3	86.7
No.5	17	11.8	58.8	29.4	41.2	58.8
No.6	18	0	27.8	72.2	13.9	86.1
No.7	20	100	0	0	100	0
No.8	17	11.76	58.83	29.41	41.2	58.8
No.9	20	15	40	45	35	65
No.10	17	100	0	0	100	0
No.11	20	0	0	100	0	100
<b>Sum</b>	189	23.28	25.93	50.79	36.24	63.76

The emerging of AR in several nematodes of ruminant species is known all over the world, including Europe (Kaplan, 2004; Ihler, 2010; Papadopoulos et al., 2012). However; till now there was not any information on BZ resistance in Hungary, though our study showed its presence. One of the most influential factors in the occurrence of AR is the usage method of anthelmintics. It is well known that the intensive chemical treatments exclusively could not assist a long-term protection against worms. The continuous drug application, without any rotation, could facilitate the increasing of resistance level in helminth populations (Waller, 1997; Jabbar et al., 2006). The results of our genetic and statistical analysis confirmed a strong linear correlation between R allele frequency and the treatment frequency and the length of BZ usage. In a study, Calvete et al. (2010) analysed the management and environmental factors related to benzimidazole resistance, in Northeast Spain. Applying a principal component analysis, the authors suggested, that frequency of deworming was the single management variable that increased the BZ resistance level in the worm populations.

By our result, we suggest the farmers, practitioners, experts, and veterinaries to change their approach in connection with anthelmintic strategies. They should form novel, integrated, complex and sustainable methods, which contain more actions to fight against worms, for instance resistance breeding, environmental and immunological control, improved pasture and nutritional management, target selective treatment and the refugia management (van Wyk, 2001; van Wyk et al., 2006, Kenyon et al., 2009, Bath, 2014).

## CONCLUSION

According to our results, it seems the BZ resistance has appeared and extended within *Haemonchus contortus* in Hungarian sheep flocks. We hypothesise, that long-term usage and the recurrent anthelmintic treatments could be in the background of pronounced proportion of resistant allele. Therefore; we strongly recommend the farmers, practitioners, experts, and veterinaries, to change their own approaches to chemical protection. They need to apply a more complex and integrated defending strategy against gastrointestinal nematodes in order to prepare an effective parasite control management.

## REFERENCES

- Bath, G.F. (2014) The „Big Five” – A South African perspective on sustainable holistic internal parasite management in sheep and goats. *Small Ruminant Res* 118 (1-3). 48-55.
- Calvete, C., Calavia, R., Frerer, L.M., Ramos, J.J., Lacasta, D., Uriarte, J. (2010) Management and environmental factors related to benzimidazole resistance in sheep nematodes in Northeast Spain. *Vet Parasitol* 184. 193-203.
- Coles, G.C., Jackson, F., Pomroy, W.E., Prichard, R.K., von Samson-Himmelstjerna, G., Silvestre, A., Taylor, M.A., Vercruyse, J. (2006) The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet Parasitol* 136 (3-4). 167–185.
- Ihler, C.F. (2010) Anthelmintic resistance. An overview of the situation in the Nordic countries. *Acta Vet Scand* 52 (1). 1-5.
- Jabbar, A., Iqbal, Z., Kerboeuf, D., Muhammad, G., Khan, M.N., Afaq, M. (2006) Anthelmintic resistance: The state of play revisited. *Vet Parasitol* 79. 2413-2431.
- Kaplan, R.M. (2004) Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends Parasitol* 20 (10). 477-481.
- Kenyon, F., Greer, A.W., Coles, G.C., Crignoli, G., Papadopoulos, E., Cabaret, J., Berrag, B., Varady, M., van Wyk, J.A., Thomas, E., Vercruyse, J., Jackson, F. (2009) The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet Parasitol* 164 (1). 3-11.
- Lichtenfels, J.R. Pilit, P.A. Hoberg, E.P. (1994) New morphological characters for identifying individual specimens of *Haemonchus* spp. (Nematoda: Trichostrongyloidea) and a key to species in ruminants in North America. *J Parasitol* 80 (1). 107-119.
- Mottier, M.L., Prichard, R.K. (2008) Genetic analysis of a relationship between macrocyclic lactone and benzimidazole anthelmintic selection on *Haemonchus contortus*. *Pharmacogenet Genom* 18. 129-140.
- Papadopoulos, E., Gallidis, E., Ptochos, S. (2012) Anthelmintic resistance in sheep in Europe: A selected review. *Vet Parasitol* 189. 85-88.
- Peakall, R. and Smouse, P.E. (2012) GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics* 28. 2537-2539.
- Smith, G. (1990) Chemotherapy: future problems. In: Schad, G.A., Warren, K.S. (Editors), *Hookworm disease: Current status and new directions*. Taylor & Francis, London, UK, 291-303.
- Tiwari, J. Kumar, S. Kolte, A.P. Swarnkar, C.P. Singh, D. Pathak, K.M.L. (2006) Detection of benzimidazole resistance in *Haemonchus contortus* using RFLP-PCR technique. *Vet Parasitol* 138 (3-4). 301–307.
- van Wyk, J.A. (2001) Refugia-overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort J Vet Res* 68 (1). 55-67.
- van Wyk, J.A. Malan, F.S. (1988) Resistance of field strains of *Haemonchus contortus* to ivermectin, closantel, rafoxanide and the benzimidazoles in South Africa. *Vet Record* 123 (9). 226-228.
- van Wyk, J.A., Hoste, H., Kaplan, R.M., Besier, R.B. (2006) Target selective treatment for worm management – How do we shall rational programs for farmers. *Vet Parasitol* 139 (4). 336-346.
- Waller, P.J. (1997) Anthelmintic resistance. *Vet Parasitol* 72 (3-4). 391-412.
- Waller, P.J. and Chandrawathani, P. (2005) *Haemonchus contortus*: Parasite problem No.1 from tropics-polar circle. Problems and prospects for control based on epidemiology. *Trop Biomed* 22 (2). 131-137.



Corresponding author:

**Gábor Nagy**

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

H-7401 Kaposvár, P.O. Box 16.

Tel.: +36-82-505-800, Fax: +36-82-320-175

e-mail: nagy.gabor@ke.hu



# **Egyes húskészítményekkel szemben támasztott modern kori elvárásaink és a funkcionális termékek fejlesztésének legújabb irányvonalai – irodalmi áttekintés (review)**

**Szabó V., Bázár Gy., Andrásy-Baka G.**

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

*Az ENSZ Egészségügyi Világszervezete (WHO) 2015-ben kiadott, szakmai köröket is megosztó tanulmányában a feldolgozott húsipari termékeket – köztük a kolbászféléket –, a fokozott egészségügyi kockázatot hordozó élelmiszerekhez sorolta, ezért a legújabb táplálkozási ajánlásaiban a húsfogyasztás további korlátozására intett. A szerzők célja sorra venni számos összetevőt, elsősorban feldolgozott húsipari termékek (szárazkolbászok) esetében, melyek hozzájárultak ahhoz, hogy a vörös hús és annak feldolgozott termékei a fokozott egészségügyi kockázatot jelentő élelmiszerek körébe kerültek. A szárazkolbászok összetételét magas zsírtartalom, ezen belül a telített zsírsavak nagy aránya, magas sótartalom, valamint a tartósítás során alkalmazott kémiai anyagok (nitritek, nitrátok, füstvegyületek) nem elhanyagolható mennyisége jellemzi. A feldolgozott irodalom alapján a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy ezen összetevők mennyiségének csökkentése bizonyos mértékig lehetséges a termék érzékszervi minőségének, valamint mikrobiológiai stabilitásának megtartása mellett. A funkcionalitás növelésének lehetősége olyan probiotikus mikrobatorzsek hozzáadása a termékhez, amelyek az emberi szervezetre jótékony hatást gyakorolnak. A húsipari termékek gyártási technológiája a probiotikumok életképességét negatívan befolyásolja. Számos kutatás foglalkozik a mikroorganizmusok túlélési arányának növelési lehetőségeivel. A problémára megoldást jelenthet prebiotikumok egyidejű alkalmazása, valamint a probiotikumok mikrokapszulázása. Ezen irányok jelentik napjaink legnagyobb kihívásait a funkcionális tulajdonságokkal rendelkező feldolgozott húsipari termékek fejlesztésében.*

(Kulcsszavak: szárazkolbász, zsírtartalom, prebiotikum, probiotikum)

## **ABSTRACT**

### **Modern expectations on some meat products and the latest trends in the development of functional foods – literature review**

V. SZABÓ, GY. BÁZÁR, G. ANDRÁSSY-BAKA

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
7400 Kaposvár, Guba S. str. 40., Hungary

*The report of the World Health Organization of the United Nations published in 2015 generated large disputes among professionals when assigned processed meats – also sausages – as products with high health risk. Accordingly, WHO's latest dietary recommendations imply further limitation of meat consumption. Authors aim at listing several*

*components, primarily those in processed meat products (dry sausages), that contributed to the case that red meat and its processed products are considered as risky foods. Dry sausages have high fat content, with high ratio of saturated fatty acids, concentrated salt, and considerable amount of chemical components (nitrite, nitrate, smoke compounds) applied during preservation. The reviewed literature data highlight the possibility of reducing the amount of these components at a certain extent without damaging the organoleptic quality and microbial stability. The functionality can be improved with addition of probiotic microbial strains that have positive impact on the human digestive system. The technology of meat processing may have negative impact on the probiotics. Several studies deal with the methods to increase the survival ratio of the microorganisms. Simultaneous application of prebiotics and also the microcapsulation of probiotics might be good solutions. These fields cover the biggest challenges of the development of nowadays' processed meat products having functional properties.*

(Keywords: sausage, fat content, prebiotics, probiotics)

## BEVEZETÉS

Napjainkban a fogyasztóknak egyre növekvő elvárásai vannak a termékek minősége iránt, amely már koránt sem merül ki a mikrobiológiai biztonságnak és az érzékszervi minőségnek való megfelelésben. Az élelmiszerminőség definiálásakor egyre nagyobb szerepet kap a táplálkozásbiológiai (összetételi), ezzel szoros összefüggésben a funkcionális minőség meghatározása is. Az élelmiszerben lévő tápanyagoktól – különös tekintettel a funkcionális összetevőkre – a fogyasztó elvárja, hogy annak élelmiszerben található mennyisége számszerűsíthető és természetes eredetű legyen, növelje a szubjektív egészségérzetet, továbbá javítsa közérzetet, és lehetőleg csökkentse bizonyos betegségek kialakulását (Csiki, 2012).

Az ENSZ Egészségügyi Világszervezete (WHO) 2015-ben kiadott, szakmai köröket is megosztó tanulmányában a feldolgozott húsipari termékeket – köztük a kolbászféléket –, a fokozott egészségügyi kockázatot hordozó élelmiszerekhez sorolta, ezért a legújabb táplálkozási ajánlásaiban a húsfogyasztás további korlátozására intett.

Jelen cikk célja sorra venni számos egészségügyi kockázatot jelentő összetevőt, elsősorban feldolgozott húsipari termékek (szárazkolbászok) esetében, melyek hozzájárultak, hogy a vörös hús és annak feldolgozott termékei a fokozott egészségügyi kockázatot jelentő élelmiszerek körébe kerültek. Az egészségügyi kockázatot hordozó összetevők helyettesítését, vagy mennyiségének csökkentését számos kutatás tűzte ki célul, melyek eredményeinek és következtetéseinek összefoglalása szintén e cikk célja. Cél továbbá a probiotikumok húsipari termékek körében történő alkalmazási lehetőségeinek feltérképezése, egy olyan irány keresése, mely lehetővé teszi a tradicionális termékeket kedvelő, ugyanakkor tudatos vásárlói magatartást követő fogyasztó igényeinek kielégítését.

Szárazkolbászok esetében a nagy zsírtartalom, a magas sótartalom, a tartósítás során használt kémiai anyagok (nitritek, nitrátok, füstvegyületek) miatt valóban felvetődhetnek bizonyos egészségkárosító hatások (WHO Report, 2015). Mindezek tükrében a húsipari termékek egészségesebbé tételére, funkcionalitásának növelésére irányuló kutatások egyre hangsúlyosabbá váltak.

### **A zsírtartalom hatása a húsipari termékek érzékszervi minőségére**

A húsipari termékek zsírtartalmának csökkentését célzó kísérletek már az 1980-as évek végén megkezdődtek. A kutatások célja annak vizsgálata, hogy az érzékszervi tulajdonságok kialakulását nagymértékben meghatározó zsír mennyiségét milyen mértékben lehet csökkenteni a termékben anélkül, hogy az veszítene élvezeti értékéből. Számos humán

érzékszervi panelre alapozott kutatás igazolta, hogy a zsírtartalom 25-30%-ról 5-10%-ra történő csökkentése feldolgozott húsipari termékekben (pl.: húspogácsákban) a főzési- és csepegési veszteség, a lédúság, a porhanyósság, a húsr jellemző íz, valamint a fogyasztói preferencia csökkenését eredményezi (Cross és mtsai, 1980; Berry és Leddy, 1984; Kregel és mtsai, 1986; Hoelscher és mtsai, 1987; Troutt és mtsai, 1992). A zsír helyettesítésekor figyelemmel kell lenni arra, hogy amennyiben csak vízzel helyettesítjük a zsírt, a termék állománya túlságosan lágy lesz; míg gélképző szerek (pl. keményítő) alkalmazásánál előfordulhat, hogy az állomány túl kemény lesz. Ezek a nem kívánatos állományhibák elkerülhetők a receptúra összeállítása során megfelelő víz/zsír helyettesítő anyag arány beállításával (Varga-Visi és Toxanbayeva, 2017). Az állati eredetű zsírok csökkentésének egyik lehetősége azok növényi forrásból származó olajokkal történő helyettesítése. Az ezredforduló után a kutatások új irányt vettek, egyre nagyobb lett az érdeklődés az úgynevezett organogélek iránt. Az organogélek olyan növényi olajokat tartalmazó hidrogélek, amelyek az állati zsírt anélkül helyettesítik a húsipari termékekben, hogy azok érzékszervi tulajdonságai jelentősen változnának. Táplálkozás élettani előnyük a telítetlen zsírsavak arányának növelésében rejlik (Utrilla és mtsai, 2014; Barbut és mtsai, 2016a; Barbut és mtsai, 2016b). Sousa és mtsai (2017) kísérletükben kolbászokban a zsírt különböző arányban (25%, 50%, 75%) hidrolizált kollagénnel helyettesítették, majd vizsgálták az érzékszervi tulajdonságokat. Arra a következtetésre jutottak, hogy az 50%-os helyettesítés mutatta a legjobb eredményeket, melyet az érzékszervi bírálatok is alátámasztottak. Belovai és mtsai (2016) kísérletükben a párizsiba kevert hátszalonnát helyettesítették különböző arányban (1,5%, 3%, 6%) szója-, illetve napraforgó lecitinnel, majd vizsgálták többek között az érzékszervi tulajdonságokat. Megállapították, hogy a növekvő lecitin kiegészítés negatívan befolyásolta a fogyasztói preferenciát.

### **Nitritek, nitrátok csökkentésének lehetőségei**

Szárazkolbászok gyártása során adalékként használnak nitritet és nitrátot, általában azok nátrium vagy kálium sóit (pácsó). Ezeknek a sóknak jelentős szerepe van a termék eltarthatóságában, valamint a termék színének (piros) kialakításában és megtartásában, ezért a szárazáru gyártásban nélkülözhetetlen adalékanyagok (Honikel, 2008; Gøtterup és mtsai, 2008). Egészségre gyakorolt negatív hatásukat számos kutatási eredmény támasztja alá, ezért mennyiségük csökkentésének vizsgálata a húsipari kutatások egyik fő irányvonalává vált. A téma legnagyobb problematikája a mikrobiológiai stabilitás fenntartása. Hospital és mtsai (2014) a *Salmonella typhimurium* túlélését vizsgálták eltérő mennyiségben hozzáadott nitrit és nitrát esetében. Arra a következtetésre jutottak, hogy a nitritnek lényeges gátló szerepe van a baktériumtörzs szaporodásának szabályozásában, ha a fermentációt követően a pH 5,2 fölött van. A kísérletben a nitrit/nitrát hiánya elősegíthette a törzs szaporodását. Ugyanakkor azt is fontos megemlíteni, hogy az EU szabályok szerint megengedett maximálisan használható mennyiség fele is megfelelő védelmet nyújtott a vizsgált *Salmonella* törzsszel szemben. A nitrit helyettesítésére tett kísérletet Koch és Hansen (2009), ahol nitrit helyett nátrium-laktáttal és nátrium acetáttal kezelt húskészítményekben vizsgálták a *Clostridium botulinum* szaporodását. 5°C-on a kezelt csoportban 3 hétig sikerült a *C. botulinum* elszaporodását késleltetni, ugyanakkor 8°C-on már nem jártak sikerrel. Hasonló feltételek (5°C) melletti tárolás esetén a nitrittel kezelt termékek 90 napig is eltarthatók. Zsarnóczay (2011) különböző nitrattartalmú kolbászokban és eltérő csomagolástechnológiát (csomagolatlan, vákuum- és védőgáz csomagolás) alkalmazva vizsgálta a *Listeria monocytogenes* túlélését. Nem talált különbséget az eltérő csomagolástechnológiák között, ugyanakkor a nitritet tartalmazó kolbászokban a tárolás 22. napjára a vizsgált mikroba elpusztult (míg a nitrittel nem kezelt kolbászban ugyan csökkent a mennyisége, de kimutatható volt ugyanebben az időpontban).

Az említett irodalmi adatok alapján bizonyos mértékig lehetséges a nitrit alkalmazásának mellőzése, de egy anyag sem képes a nitritet teljes mértékig pótolni.

### **A füstvegyületek mint egészségügyi kockázatot jelentő tényezők**

A füstölés az élelmiszerek (főleg húsok és húsipari termékek) tartósítására évezredek óta alkalmazott eljárás. A Magyar Élelmiszerkönyv (2017) szerint a füstölés „olyan művelet, amelynek célja az előállított füsttel a termékek füstölt ízének és színének kialakítása, az eltarthatóság növelése, a termék jellegének kialakítása. A füstölés nem csak speciális ízt, színt és aromát kölcsönöz a terméknek, de növeli annak eltarthatóságát a füst dehidratáló, baktériumölő és antioxidáns tulajdonságainak köszönhetően (Bratzler és mtsai, 1969).

Szerves anyagok tökéletlen égése (pl. füstölés) során policiklusos aromás szénhidrogének keletkeznek. Több száz vegyület tartozik ebbe a csoportba, melyek közül néhány (benzo(a)pirén, benzo(a)antracén, dibenzo(a,h)antracén) karcinogén tulajdonságokkal rendelkezik (IARC, 2010). Djinovic és mtsai (2008) 16 policiklusos aromás szénhidrogén mennyiségét vizsgálták hat különböző füstölt húsipari termékben. A vizsgálat tárgyát képező, valószínűleg karcinogén anyagok közül a benzo(a)antracént mérték legnagyobb mennyiségben, továbbá megállapították, hogy a füstölés során emelkedett a policiklusos aromás szénhidrogének mennyisége a vizsgált termékekben.

### **Probiotikumok alkalmazása**

A funkcionalitás fokozásának egyik lehetősége olyan probiotikus mikroorganizmusok alkalmazása a gyártás során, amelyek a termék minőségét kedvező módon befolyásolják, ezáltal kedvező hatást gyakorolnak az ember egészségére. Már a múlt század utolsó évtizedeiben nőtt az érdeklődés a probiotikumok emberi egészségben betöltött szerepének megértése iránt (Sultana és mtsai, 2000).

A hivatalos definíció alapján a probiotikumok olyan élő élelmiszer-alkotórészek (bélbaktériumok), melyek jótékony hatást gyakorolnak az ember egészségi állapotára. Ezek nagy része tejsav- illetve bifidobaktérium (FAO/WHO, 2001). A probiotikumok a nyálkahártyához tapadva a bélhámsejteken lévő receptorokon kompetícióba lépnek a patogénekkal és a baktericid fehérjék szintézisét indukálják a Paneth-sejtekben. Közvetlenül vagy specifikusan gátolják az idegen baktériumok megtelepedését, modulálják az immunválaszt. Rövid szénláncú zsírsavakat szintetizálnak: acetátot, propionátot, butirátot, serkentik a bél sejtjeinek vérellátását és egyidejűleg hozzájárulnak a pH csökkenéséhez. Növelik a belekben az ozmotikus nyomást, ennek hatására fokozódik a perisztaltika és emelkedik a széklet víztartalma. A vastagbél leszálló ágában a béltartalom savanyodása miatt fokozódik a nitrogén széklettel történő ürülése, ez által a vér ammónia szintje is csökken (Rodler, 2005). Kedvezően befolyásolják a szervezet metabolikus tevékenységét (koleszterin felszívódás) és egyes vitaminok termelését, mint pl. thiamin (B1), folsav (B9), piridoxin (B6), és K-vitamin (Isolauri, 2001). Kok és mtsai (1996) megállapították, hogy egyes probiotikumok csökkentik a daganatos megbetegedések kialakulásának kockázatát a bélhámsejtek karcinogénekkal szembeni expozíciós idejének csökkentésével és bizonyos székletben található karcinogén enzimek gátlásával (nitroreduktáz); növelik a kalcium és magnézium abszorpcióját, megkötik az ionokat, azokat a vastagbélbe juttatva fokozzák azok hasznosulását, ezzel megelőzve a hiányállapotok kialakulását, segítve a csontok épségének megőrzését; kedvező a zsírsanyagcserére gyakorolt hatásuk, csökkentik a VLDL koleszterin szintjét.

Ahhoz, hogy a probiotikumok a fent említett, egészségre gyakorolt jótékony hatásukat kifejtsék, megfelelő számú élő baktériumot ( $10^6$ - $10^7$  TKE/g) (Boylston és mtsai, 2004) kell tartalmazniuk. Az élelmiszeriparban többnyire elfogadott a  $10^6$  TKE/g mennyiség a fogyasztás időpontjában. Ahhoz, hogy megőrizzük a probiotikus hatást, az ajánlott minimum

bevétel naponta 108-109 élő sejt, ami naponta 100 g probiotikus élelmiszer fogyasztásának felel meg (Sidira és mtsai, 2014).

A leggyakoribb probiotikus nemzetségek a *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus* és más Gram pozitív *coccusok*. Az élelmiszeriparban gyakran használt törzseket Rivera és Gallardo (2010) foglalta össze (1. táblázat).

### 1. táblázat

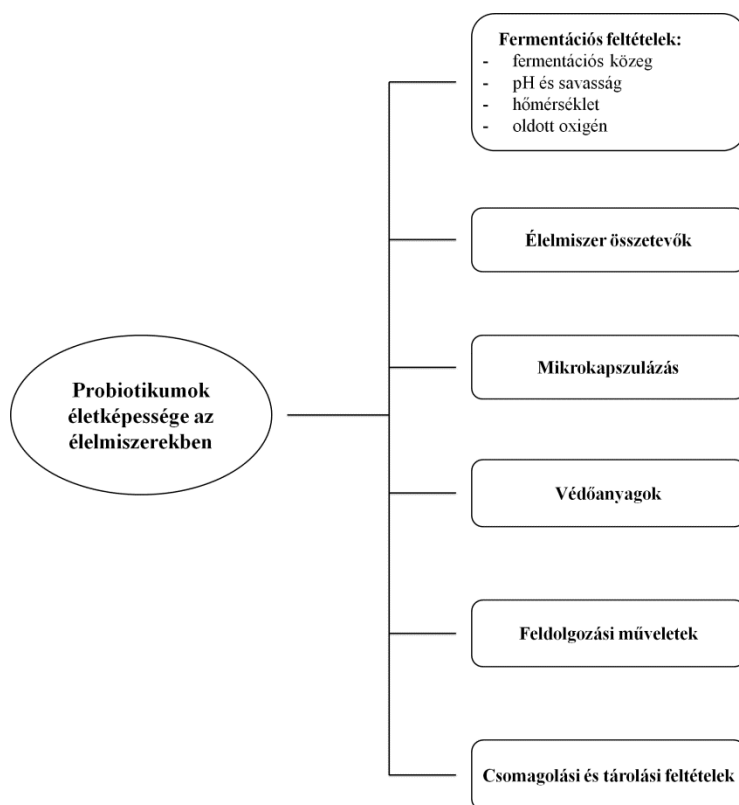
#### Probiotikus baktériumok csoportosítása (Rivera és Gallardo, 2010)

Nemzetség	Faj
Lactobacillus sp.	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. delbrueckii</i> ssp., <i>L. cellobiosus</i> , <i>L. curvatus</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. brevis</i>
Bifidobacterium sp.	<i>B. bifidum</i> , <i>B. adolescentis</i> , <i>B. animalis</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. thermophilum</i> , <i>B. longum</i>
Enterococcus sp.	<i>Ent. faecalis</i> , <i>Ent. faecium</i>
Streptococcus sp	<i>S. cremoris</i> , <i>S. salivarius</i> , <i>S. diacetylactis</i> , <i>S. intermedius</i>

A probiotikumokkal szemben támasztott követelmények egyik sarkalatos pontja, hogy ellenállónak kell lenniük az emberi emésztőenzimokkal szemben, így sértetlenül jutnak el a vastagbélbe, ahol jótékony hatásukat kifejthetik. A technológiai folyamatok során a mikrobatörzsekre számos környezeti faktor hat (1. ábra), amelyek sok esetben nem kedveznek az életképességnek.

A humán egészségre nézve bizonyítottan előnyös hatással rendelkező probiotikumok használata tejipari termékeknél igen nagy múltra tekint vissza. Terápiás céllal már a XV. században használtak fermentált tejtermékeket. Napjainkban a probiotikus élelmiszerek a funkcionális élelmiszerek piacának 60-70%-át teszik ki, ami bizonyítja a fogyasztók probiotikumokkal szembeni bizalmát (Tripathi és Giri, 2014; Kołozyn-Krajewskaa és Dolatowski, 2012).

Napjaink élelmiszeriparát a probiotikus élelmiszerek körének bővülése jellemzi, melyben egyre nagyobb teret nyernek a változatos formában megjelenő húsipari termékek is (Kolozyn és Dolatowski, 2012). Szárazkolbászok esetében gyakran alkalmaznak starter kultúrát, amelyek rendszerint fakultatív heterofermentatív mikrobatörzseket tartalmaznak, melyek glikolízissel tejsavat állítanak elő a glükózból és a laktózból, a pentózokból (arabinóz, xylóz) pedig a tejsav mellett ecetsav is keletkezik (Hammes, 1996). Starter kultúrában leggyakrabban alkalmazott törzsek: *Lactobacillus casei*, *L. curvatus*, *L. pentosus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *Pedicoccus acidilactici* és *P. pentosaceus* (Työppönen és mtsai, 2003), melyek lehetővé teszik az irányított erjedést. A témában folytatott nagyszámú kutatás a probiotikumok túlélését befolyásoló környezeti tényezők vizsgálatára, a probiotikummal kiegészített késztermék érzékszervi tulajdonságainak vizsgálatára irányult. Muthukumarasamy és Holley (2006) starterkultúra mellett *Lactobacillus reuteri*-t alkalmazott probiotikumként. Kim és mtsai (2008) zsírsökkentett fermentált kolbászban vizsgálták három probiotikus törzs (*L. plantarum* 115 és 167, *P. damnosus* L12) túlélését. Burdichová és mtsai (2008) *L. casei* 431 törzset vizsgáltak egy tradicionális cseh fermentált kolbászokban, míg Rebucci és mtsai. (2007) *L. casei* mellett *L. rhamnosus* törzset alkalmaztak.



## 1. ábra

### A probiotikumok életképességét befolyásoló tényezők az élelmiszerekben

(Tripathy és Giri, 2014)

Probiotikus húsipari termékek esetében felmerül, hogy a legtöbb húskészítmény gyártásánál alkalmazott hőkezelés a probiotikus mikrobát is elpusztítja. Nem kedveznek a probiotikus mikrobák túlélésének és szaporodásának a húskészítmények környezeti tényezői (kis pH-érték, nagy sótartalom, kis vízaktivitás) sem (Muthukumarasamy és Holley, 2006).

### Prebiotikumok alkalmazása

Bizonyos élelmiszer összetevők javítják a probiotikumok életképességét. A Gibson és Roberfroid (1995) által prebiotikumokként definiált élelmiszer összetevőkre jellemző, hogy azok nem emészthetők, ugyanakkor szelektíven serkentik a növekedését/aktivitását egy vagy több, a szervezetre jótékony hatású bélben található baktériumnak, ezáltal hozzájárulva a gazdaszervezet egészségéhez.

A prebiotikumok kémiai szerkezetük alapján 2-9 egyszerű cukorból felépülő oligoszacharidok, melyek fontos alkotói a nyersrost frakcióknak. Gyakorlatilag a növényi sejtfal azon maradványai, melyek rezisztensek az emésztőrendszer enzimeinek hidrolízisével szemben (Trowel és Burkitt, 1986).

### Az oligoszacharidok hatásmechanizmusa

Humán kutatások világítottak rá első ízben a táplálékkal felvett rostok kedvező fiziológiai hatásaira. A rostban dús élelmiszerek ugyanis csökkentik a vastagbélrák kialakulásának lehetőségét azáltal, hogy megnövelik a béltartalom viszkozitását. A megnövekedett viszkozitás gátolja annak lehetőségét, hogy patogén szervezetek kapcsolatot létesítsenek a bélhámsejtekkel. A megnövekedett viszkozitás jobb feltételeket biztosít a hasnyálmirigy-enzimeknek a kórokozók feltárásához is (Lawrence és Hahn, 2001).

A vakbél és a vastagbél közismerten komplex ökoszisztéma: néhány baktérium patogén hatású (toxin illetve karcinogén anyagok termelése miatt), másik részük azonban fenntartja az egészséges állapotot a béltraktusban. Az oligoszacharidok szelektíven stimulálják a potenciálisan egészségjavító bélbaktériumok növekedését, illetve aktivitását, ezáltal egy stabil, hasznos mikroflóra kialakulását.

Az immunrendszer a fertőzésekkel szembeni elsődleges aktív védekező rendszer, ezért annak javítása rendkívül fontos. Kísérleti eredmények igazolták, hogy az oligoszacharidok néhány csoportja kedvező hatással van az immunrendszerre. Savage és Zakrewska (1996) az immunrendszer stimulálását tapasztalta pulykákban, élesztőből kivont mannán-oligoszacharid (MOS) hatására. Gibson és mtsai (1995) humán vizsgálat során kimutatták az oligofruktóz és az inulin bifidobaktériumokra gyakorolt stimuláló hatását. Az első kísérletben az előre meghatározott diéta mellett naponta 15 g oligofruktóz kiegészítést alkalmaztak két héten keresztül, majd hasonló módon vizsgálták az inulin hatását is. Mind az oligofruktóz, mind az inulin szignifikánsan növelte a bifidobaktériumok arányát; oligofruktóz kiegészítés esetén a bacteroides, clostridia és fusobacteria, míg inulin kiegészítés esetén a gram-pozitív cocci aránya csökkent.

### *Inulin az élelmiszeriparban*

Az élelmiszeriparban gyakran használt prebiotikum az inulin. Az inulin is az oligoszacharidok közés sorolható, melyben a monomerek száma 2-60 között lehet, átlagosan 10 egység (IUB-IUPAC, 1982). Az inulin fruktán láncmolekulák polidiszperz rendszere, melyet az ember emésztőenzimeit nem képesek lebontani (kötési rendje miatt csak a mikrobiális enzimek képesek bontani). Az élelmiszeriparban több funkciót is betölt. Többek között cukorhelyettesítőként használják. Vízzel elegyedve gélképző, ezért az élelmiszeriparban állományjavítóként is gyakran alkalmazzák. Szárazkolbászoknál a zsír inulinnal történő helyettesítésére történtek próbálkozások, azonban a termék érzékszervi tulajdonságaira, elsősorban a színre és a textúrára nem gyakorolt kedvező hatást. Amennyiben a szárazáruba prebiotikumként (cukorhelyettesítőként) kerül kis mennyiségben, elkerülhető az érzékszervi tulajdonságok negatív irányú változása (Menegas és mtsai., 2013).

A jótékony baktériumok számára tápanyagként szolgálnak, így elősegítik azok kolonizációját a bélben, azok pedig kompetíció útján megakadályozzák a patogének elszaporodását. Amennyiben az élelmiszerhez pre- és probiotikumot kombinálva adagolunk, azzal növelhetjük a probiotikumok életképességét, javíthatjuk az élelmiszer funkcionális minőséget. A pre- és probiotikum kiegészítéssel készült élelmiszereket - utalva a táplálék és az élő szervezet szinergizmusára - összefoglaló néven szinbiotikus élelmiszereknek nevezzük.

### **A mikrokapszulák élelmiszeripari alkalmazása**

Az elmúlt években történtek próbálkozások olyan probiotikus szárazáru gyártására is, amelyben a mikroorganizmusok számára kedvezőtlen környezeti viszonyok túlélését úgy valósították meg, hogy úgynevezett mikrokapszulákban juttatták a termékbe a probiotikumot, megvédve azt. Ez a módszer a probiotikumok termékminőségre ható esetleges kedvezőtlen hatását is (aroma-, ízváltozások, túlzott tejsavtermelés) ellensúlyozhatja (Mohammadi és Mortazavian, 2011).

A mikrokapszulázás olyan, viszonylag újnak tekinthető eljárás, amelyeknek ipari alkalmazása meglehetősen szerteágazó. Hatékonyan alkalmazható kozmetikumokban, tisztítószerekben, használják a textiliparban, a vegyiparban, igen elterjedt a gyógyszeriparban. Az élelmiszeripar a biológiailag aktív anyagok koncentrált és/vagy védett formában történő élelmiszerbe juttatására használja,

A mikrokapszulázás előnye többek között az instabil összetevők védelme (zsírok és vitaminok védelme az oxidációs folyamatokkal szemben, probiotikumok védelme), a kezelés



megkönnyítése (intelligens és interaktív csomagolás), egymással nem elegendő komponensek összekeverése (illóolajok mikrokapszulázott formában történő bevitele folyékony közegbe), folyékony közeg porrá alakítása (porok kinyerése folyékony összetevőből ciklodextrinben történő mikrokapszulázással), kellemetlen íz és szag elfedése (nemkívánatos halszag vagy az aminosavak keserű íze, az allil-izotiocianát erős szaga) bioaktív anyagok lassú kioldásának biztosítása (aroma komponensek mikrokapszulázása) (Valsame, 2016).

Muthukumarasamy és Holley (2006) vizsgálták a mikrokapszulázás hatását a probiotikus sejtek túlélésére szárazkolbászokban. A nem mikrokapszulázott *L. reuteri* sejtek száma 2,6 logaritmusos egységgel, míg a mikrokapszulázott sejtek száma kevesebb, mint 0,5 logaritmusos egységgel csökkent; mindemellett az érzékszervi tulajdonságok tekintetében nem találtak szignifikáns különbséget a kísérleti csoportok között. Ezek alapján a mikrokapszulázás megoldás lehet a gyártás során fellépő kedvezőtlen környezeti körülmények kiküszöbölésére.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A feldolgozott irodalom alapján megállapíthatjuk, hogy az egészségügyi kockázatot jelentő összetevők mennyiségének csökkentése csak korlátozott mértékben lehetséges. A zsírtartalom jelentős csökkentése negatívan befolyásolja a termék minőségét, élvezeti értékét, elsősorban a lédúságot, a porhanyósságot, valamint az íz és aromatulajdonságok intenzitását.

A nitrit és nitrát vegyületek a feldolgozott húsipari termékek eltarthatóságában és színstabilitásában játszanak fontos szerepet. Alkalmazásuk szükségessége abban rejlik, hogy jelenleg nem ismert olyan adalékanyag, mely egymagában képes lenne helyettesíteni ezeket a vegyületeket. Nagyobb mértékű csökkentésük a termék mikrobiológiai minőségének romlását, valamint a fogyasztók által elvárt élénkpiros szín korai elvesztését eredményezi.

A probiotikumok alkalmazása szárazkolbászok esetében felvet néhány kérdést a gyártási technológia probiotikumok életképességére gyakorolt negatív hatásával kapcsolatban, amelynek kiküszöbölése számos kutatás célja. A mikroorganizmusok túlélési arányának növelésére megoldást jelenthet prebiotikumok egyidejű alkalmazása, valamint a probiotikumok mikrokapszulázása. A prebiotikumok megfelelő szénhidrát forrásként szolgálnak a mikroorganizmusok számára, a mikrokapszula pedig megvédi azokat a termékben kialakult kedvezőtlen környezeti tényezőktől.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerzők köszönettel tartoznak a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola támogatásáért, továbbá az EFOP-3.6.1.-16. és az EFOP-3.6.3.-16. pályázatok által nyújtott támogatásért.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Barbut, S., Wood, J., Marangoni, A. (2016a): Quality effects of using organogels in breakfast sausage. *Meat Science*, 122., 84-89.
- Barbut, S., Wood, J., Marangoni, A. (2016b): Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Science*, 122., 155-162.
- Belovai, J., Romvári, R., Fébel, H., Mézes, M., Bánáti, D., Szabó, A. (2016): Influence of partial fat replacement with lecithin on the product characteristics of a special hungarian cold cut. *Acta Alimentaria*, 45. (2), 277-285.

- Berry, B. W., Leddy, K. F. (1984): Effects of Fat Level and Cooking Method on Sensory and Textural Properties of Ground Beef Patties. *Journal of Food Science*, 49 (3), 870-875.
- Boylston, T. D., Vinderola, C. G., Ghoddusi, H. B., Reinheimer, J. A. (2004): Incorporation of bifidobacteria into cheeses: Challenges and rewards. *International Dairy Journal*, 19., 315-387.
- Bratzler, L. J., Spooner, M. E., Weatherspoon, J. B., & Maxey, J. A. (1969). Smoke flavor as related to phenol, carbonyl and acid content of Bologna. *Journal of Food Science*, 34, 146-148.
- Cross, H. R., Berry, B. W., Wells, L. H. (1980): Effects of fat level and source on the chemical, sensory, and cooking properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 45., 791-793.
- Csiki Z. (2012). *Magyar gasztroenterológia lap. Debrecen. 1 különszám. 8-12, pp. 17-20.*
- Djinovic, J., Popovic, A., Spiric, A., Turubatovic, L. (2008): 16 EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the wood smoke and in smoked ham. AGRIS SN-0494-9846T3 <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RS2011001831>
- FAO/WHO (2001): Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria [ftp://ftp.fao.org/esn/food/probioreport\\_en.pdf](ftp://ftp.fao.org/esn/food/probioreport_en.pdf)
- Gibson, G. R., Beatty, E. B., Wang, X., Cummings, J. H. (1995): Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by fructo-oligofructoses (GFn + Fm) and inulin, *Gastroenterology*, 108., 975-982.
- Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. (1995): Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics, *Journal of Nutrition*, 125.
- Götterup, J., Olsen, K., Knøchel, S., Tjener, K., Stahnke, L. H., Møller, J. K. S. (2008): Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities. *Meat Science*, 78 (4), 492-501.
- Hammes, W. (1996): Qualitätsmerkmale von starterkulturen. Buckenhüskes, H., 2. Stuttgarter Rohwurstforum. Gewürzmüller, Stuttgart, 29-42.
- Hoelscher, L. M., Savell, J. W., Harris, J. M., Cross, H. R., and Rhee, K. S. (1987): Effect of initial fat level and cooking method on cholesterol content caloric value of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 52, 883-885.
- Honikel, K-O. (2008): The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78 (1-2), 68-76.
- Hospital, X. F., Hierro, E., Fernández, M. (2014): Effect of reducing nitrate and nitrite added to dry fermented sausages on the survival of *Salmonella Typhimurium*. *Food research International*, 62., 410-415.
- IARC. (2010). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 92. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>
- Isolauri, E. (2001): Probiotics in the prevention and treatment of allergic disease. *Pediatr Allergy Immunol* 12. (14), 56-59.
- IUB-IUPAC Joint Commission of Biochemical Nomenclature (1982): Abbreviated terminology of oligisaccharide chains. *Journal of Biological Chemist* 257., 3347-3351.
- Kim, Y. J., Lee, H. C., Park, S. Y., Park, S. Y., Oh, S., Chin, K. B. (2008): Utilization of Probiotic Starter Cultures for the Manufacture of Low-fat Functional Fermented Sausages. *Korean Journal of Food Science*, 28 (1), 51-58.
- Koch, G. A., Hansen, F. (2009): Challenge test in pilot plant shows the inhibitory effect of organic acid against psychrotrophic *Clostridium botulinum* in low-salt meat products. 55<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Copenhagen, Denmark, Proceedings: 952-955.

- Kołożyn-Krajewskaa, D., Dolatowski, Z. J. (2012): Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*. Barking, London, England, 47, 1761–1772.
- Kok, N., Roberfroid, M. (1996): Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligofructose in rats. *British Journal of Nutrition*, 76.
- Kregel, K. K., Prusa, K. J., Hughes K. V. (1986): Cholesterol content and sensory analysis of ground beef as influenced by fat level, heating and storage. *Journal of Food Science*, 51, 1162-1165., 1190.
- Lawrence, B., Hahn, J. (2001): Feeding swine without antibiotics requires broad approach. *Feedstuffs*, 73., 12-15.
- Magyar Élelmiszerkönyv (2017) [http://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/44/b1000/1-3\\_13-1\\_2016-07-21.pdf](http://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/44/b1000/1-3_13-1_2016-07-21.pdf) (2017.12.11.)
- Menegas, L. Z., Pimentel, T. C., Garcia, S., Prudencio, S. H. (2013): Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. *Meat Science*, 93 (3), 501–506.
- Mohammadi, R., Mortazavian, A.M., 2011: Technological aspects of prebiotics in probiotic fermented milks. *Food Reviews International*, 27, pp. 192–212.
- Muthukumarasamy, P., Holley, R. A. (2006): Microbiological and sensory quality of dry fermented sausages containing alginate-microencapsulated *Lactobacillus reuteri*. *International Journal of Food Microbiology*, 111 (2), 164–169.
- Rebucci, R., Sangalli, L., Fava, M., Bersani, C., Cantoni, C., Baldi, A. (2007): Evaluation of functional aspects in *Lactobacillus* strains isolated from dry fermented sausages. *J. Food Qual.*, 30: 187–201.
- Rivera-Espinoza, Y., Gallardo-Navarro, Y. (2010): Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, 27., 1–11.
- Roberfroid, M. B., Van Loo, J., Gibson, G. R. (1998): The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *Journal of Nutrition*, 128., 11-19.
- Rodler, I. (2005): *Élelmezés- és táplálkozás egészségtan*, Medicina Könyvkiadó, Budapest
- Savage, T. F., Zakrewska, E. L. (1996): The performance of male turkeys fed starter diet containing a mannanoligosaccharide (Bio-MOS) from day old to eight weeks of age. *Biotechnology in the Feed Industry*. Nottingham University Press, Nottingham (UK), pp. 47-54.
- Sidira, M., Karapetsas, A., Galanis, A., Kanellaki, M., Kourkoutas, Y. (2014): Effective survival of immobilized *Lactobacillus casei* during ripening and heat treatment of probiotic dry-fermented sausages and investigation of the microbial dynamics. *Meat Science*, 96., 948-955.
- Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R. A., Arcanjo, N. M. O. Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Barreto, M. D. S., Araújo, Í. B. S. (2017): Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *Food Science and Technology*, 76., 320-325.
- Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P., Kailasapathy, K. (2000): Encapsulation of probiotic bacteria with alginate–starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology* 62., 47–55.
- Tripathi, M. K., Giri, S. K. (2014): Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225-241.
- Troutt E.S., Hunt M.C., Johnson D.E., Claus J.R., Kastner C.L., Kropf D.F. (1992): Characteristics of low fat ground beef containing texture modifying ingredients. *Journal of Food Science*, 57., 19–24.
- Trowel, H., Burkitt, D. (1986): Physiological role of dietary fiber: a ten year review. *Journal of Dentistry for Children*, 53., 444-447.

- Työppönen, S., Petäjä, E., Mattila-Sandholm, T. (2003): Bioprotectives and probiotics for dry sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 83., 233-244.
- Utrilla, M. C., García Ruiz, A., Soriano, A. (2014): Effect of partial replacement of pork meat with an olive oil organogel on the physicochemical and sensory quality of dry-ripened venison sausages. *Meat Science*, 97., 575-582.
- Valsame, M. (2016): Study on microencapsulated food for human nutrition. *Journal of Research on Trade, Management and Economic Development*, 3, 1(5).
- Varga-Visi, É., Toxanbayeva, B. (2017): Application of fat replacers and their effect on quality of comminuted meat products with low lipid content: a review. *Acta Alimentaria*, 46. (2), 181-186.
- WHO Report (2015): <http://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/en/Q&A> on the carcinogenicity of the consumption of red meat and processed meat
- Zsarnóczay, G. (2011): Nitritmennyiségek hatásának vizsgálata húskészítményekben [doktori disszertáció]. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest

Levelezési cím (corresponding author):

**Andrássyné Baka Gabriella**

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

7400 Kaposvár Guba S. u 40.

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

7400 Kaposvár Guba S. u. 40., Hungary

Tel.: +36-82-505-800

e-mail: [andrassy.gabriella@ke.hu](mailto:andrassy.gabriella@ke.hu)



# Organoleptic quality of reduced fat turkey sausage using pea fiber or potato starch additives

É. Varga-Visi, B. Toxanbayeva, G. Andrássyné Baka, R. Romvári

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences  
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40., Hungary

## ABSTRACT

*Reduced fat Bologna-type turkey sausages were manufactured and the effects of pea fiber or potato starch based fat replacers on organoleptic characteristics were evaluated. Fat was partially (25, 50 or 75 %) replaced with potato starch or pea fiber resulting 16-17%, 31-33% and 45-50% decrease in gross energy content, respectively. Differences in measured color values were small, being undetectable by assessors. Reduced fat sausages containing medium or high levels of potato starch (3.9%, 5.8%) or high level of pea fiber (1.8%) were perceived less salty than control and scores of saltiness were in line with that of juiciness. Organoleptic properties of sausages with low and medium levels of pea fiber (0.6, 1.2%) and potato starch (1.9%) were similar than that of full fat sausage.*

(Keywords: fat replacer, Bologna sausage, turkey, saltiness, juiciness)

## INTRODUCTION

Nutritional concern about fat has inspired the production of meat products with lower fat content. Customers are unwilling to compromise on quality originated from the reduction of a compound regarded as unhealthy (Brewer, 2012) therefore the development of low fat products should be based on formulations that result in products resembles to the commercial analogues.

Sensory properties of low fat Bolognas were successfully restored with whey protein and tapioca starch (Lyons *et al.*, 1999), carrageenan with pectin gel (Candogan & Kolsarici 2003), pea starch or pea fiber (Pietrasik & Janz, 2010), or wheat fiber/pig skin mixture (Choe *et al.*, 2013). Most studies on fat-replaced comminuted meat products were conducted on sausages manufactured from pork meat and fat (Bañón *et al.*, 2008; Berasategi *et al.*, 2014; Choe *et al.*, 2013; Lyons *et al.*, 1999; Keenan *et al.*, 2014), beef (Pietrasik & Janz, 2010) or both (Bengtsson *et al.*, 2011). However, little work has been carried out on low fat products manufactured from poultry (Beggs *et al.*, 1997), therefore the objective of this study was to investigate the effect of potato starch and pea fiber additives on organoleptic properties of low fat Bologna-type sausage made of turkey.

## MATERIALS AND METHODS

### Manufacture of sausages

Food ingredients as potato starch, pea fiber, salt with nitrite, spice mixture, and casings were obtained from Solvent Inc. (Budapest, Hungary) while vacuum packed turkey breast meat and goose fat were purchased from a local store. The meat was minced following purchase with a 4 mm-hole-size Moulinex Charlotte HV3 type device then sorted into 0.45 kg lots and stored frozen at -20 °C.

Full fat control samples and reduced-fat sausages were processed in a pilot plant at Kaposvár University. In the experimental sausages the ratio of fat was reduced by approximately 25, 50 and 75 % compared to the full fat reference product. Ratios of lean meat, spice mixture and salt were kept constant for each type of sausage (*Table 1*).

**Table 1**  
**Composition of ingredients used for processing Bologna-type sausages**

Ingredients (w/w)%	Control	Low fat products <sup>1</sup>					
		S1	S2	S3	F1	F2	F3
Turkey meat	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
Schredded ice	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4
Goose fat	19.4	14.6	9.7	4.9	14.6	9.7	4.9
Starch (potato)	-	1.94	3.88	5.83	-	-	-
Water supplement <sup>2</sup>	-	2.91	5.83	8.74	4.27	8.54	12.82
Fibre (pea)	-	-	-	-	0.58	1.17	1.75
Spice mixture <sup>3</sup>	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Salt with nitrite <sup>4</sup>	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94

<sup>1</sup>S=potato starch; F=pea fiber; 1=25% of fat was substituted; 2=50% of fat was substituted; 3=75% of fat was substituted.

<sup>2</sup>Water supplement were applied to low fat products in the form of shredded ice.

<sup>3</sup>Bologna sausage type spice mixture contained diphosphate and sodium-iso-ascorbic acid.

<sup>4</sup>Salt with nitrite consisted 0.45±0.05 (w/w) % sodium nitrite.

The manufacture of one set of sausages was carried out on the same day. The weight of each experimental unit including full fat and low fat sausages was 0.77 kg. There were four repetitions of the full set of processing at four different days. On the day of the manufacture the measured ingredients were minced in a Blixer 4 v.v. type silent cutter (Robot couple U.S.A Inc, Ridgeland) for 20 s at 30 s<sup>-1</sup> then the temperature of the batter was measured and checked, then it was chopped again for 20 s at 30 s<sup>-1</sup>. Heat-resistant, water impermeable plastic casings with 55 mm diameter were used for stuffing. Heat treatment was accomplished in a 850 C-FRG type instrument (Bayhaand Strackbein GmbH, Arnsberg, Germany) at 78 °C for 2 hours then the sausage batches were cooled in icy water. The temperature of storage was 4 °C. Each assay was conducted on experimental units on the seventh day of storage.

### Chemical and organoleptic assays

Proximate analysis was carried out according to the standards of MSZ ISO 1442:2000, MSZ ISO 1443:2002, MSZ ISO 937:2002 and MSZ ISO 936:2000 for moisture, fat, protein and ash content, respectively. An IKA C4000 adiabatic calorimeter (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany) was used to determine the gross energy content of sausages. Instrumental color parameters were determined with a Minolta Chroma Meter CR-300 colorimeter. CIE Lab color values were measured on the freshly cut surfaces of the samples.

Organoleptic assay was accomplished by a semi-trained panel. The members of the panel were familiar with the type of the product being evaluated. Randomly coded 2 mm width slices of 55 mm diameter samples were served on white plates. The number of assessors was 11 for each test. A total of four tasting sessions were conducted. In the first part of the sensory analysis each panelist scored color, odor, consistence, taste and overall acceptability on a five-point hedonic scale (1 = extreme dislike, 5 = like extremely). In the second part of the organoleptic assay assessors evaluated as objectively as possible the next sensory descriptors

of the samples: saltiness (1 = saltless, 5 = too salty), juiciness (1 = dry, 5 = juicy) and off flavor (1 = none, 5 = very intensive).

### Data analysis

Comparison of treatment means was evaluated with analysis of variance. The effect of treatment was regarded as significant if the null hypothesis on the sameness of averages was rejected at 95% probability. Student-Newman-Keuls post hoc test was used if variances were homogeneous among groups, in the opposite case Tamhane's test was applied. Kruskal-Wallis nonparametric test was used when variables did not follow normal distribution. Calculations were performed by means of commercial statistical software package (IBM SPSS Statistics 20).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Proximate composition, pH and color of Bologna-type sausages

The protein and the fat content of the sausages (Table 2) corresponded to the applied formulas (Table 1). The effect of individual sausage formulations on ash content was not significant. None of the treatments had any effect on the pH of the product. Control product was processed according to traditional formulations therefore its energy content was similar to that of those products. Application of fat replacers reduced the gross energy content of products with 16-17% at the first level, with 31-33% at the second level and with 45-50% at the third level of fat substitution (Table 2). This substantial decrease in gross energy value could be attributed mainly to the decrease in the level of lipids, as the gross energy content of fat replacers, mainly composed of carbohydrates, is significantly lower, than that of the lipids, moreover, some part of lipids was substituted with water supplement.

**Table 2**  
**Chemical composition, pH and energy content of Bologna-type sausages<sup>1</sup>**

	Control	Low fat products <sup>2</sup>					
		S1	S2	S3	F1	F2	F3
Moisture content (%)	62.9 ±0.10 <sup>a</sup>	66.4±0.13 <sup>b</sup>	69.4±0.21 <sup>d</sup>	72.6±0.24 <sup>f</sup>	67.3±0.30 <sup>c</sup>	71.5±0.17 <sup>e</sup>	75.7±0.31 <sup>g</sup>
Crude protein content (%)	14.3 ±0.18	14.3±0.13	14.2±0.13	14.1±0.05	14.1±0.06	14.2±0.06	14.1±0.15
Crude fat content (%)	19.3±0.55 <sup>d</sup>	14.6 ±0.47 <sup>c</sup>	9.7 ±0.48 <sup>b</sup>	5.2±0.12 <sup>a</sup>	14.5 ±0.40 <sup>c</sup>	9.9 ±0.32 <sup>b</sup>	5.3 ±0.14 <sup>a</sup>
Crude ash content (%)	3.10±0.08	3.13±0.05	3.13±0.05	3.15±0.05	3.10±0.08	3.20±0.00	3.18±0.05
pH	6.40±0.17	6.42±0.17	6.40±0.17	6.43±0.21	6.43±0.22	6.38±0.17	6.38±0.17
Dietary gross energy (GE) (MJ/kg sample)	11.02±0.11 <sup>g</sup>	9.29±0.07 <sup>f</sup>	7.63 <sup>d</sup> ±0.07	6.02 <sup>b</sup> ±0.05	9.17 <sup>c</sup> ±0.05	7.35 <sup>c</sup> ±0.01	5.52 <sup>a</sup> ±0.09

Means within row with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

<sup>1</sup>Values are mean±standard deviation (n=4).

<sup>2</sup>S=potato starch; F=pea fiber; 1=25% of fat was substituted; 2=50% of fat was substituted; 3=75% of fat was substituted.

Color differed very slightly but significantly between formulations (Table 3). In this experiment control and experimental products contained the same amount of meat, therefore the levels of meat pigments were at similar levels. Hence, the small variance in color values probably could be attributed to the differences in the ratios of the other constituents like fat

and fat replacers. Previous studies reported that changes in fat content exert only minor effect on  $a^*$  and  $b^*$  values (Pietrasik & Janz, 2010; Choe *et al.*, 2013). Partial replacement of fat with pea fiber, flour or starch did not change these color values remarkably, compared to full fat control (Pietrasik & Janz, 2010). The observed degree of difference in present experiment was small and would be considered to be of little practical importance.

**Table 3****The color values of high fat and low fat Bologna sausages<sup>1,2</sup>**

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Control	78.15±0.38 <sup>c</sup>	12.10±0.39 <sup>b</sup>	6.21±0.29 <sup>c</sup>
S1	77.76±0.77 <sup>c</sup>	12.59±0.33 <sup>c</sup>	5.97±0.24 <sup>bc</sup>
S2	76.65±0.51 <sup>b</sup>	12.57±0.63 <sup>bc</sup>	5.84±0.25 <sup>b</sup>
S3	74.71±0.47 <sup>a</sup>	12.57±0.52 <sup>bc</sup>	5.12±0.6 <sup>a</sup>
F1	78.78±1.26 <sup>c</sup>	11.54±0.45 <sup>a</sup>	6.43±0.26 <sup>cd</sup>
F2	78.42±1.05 <sup>c</sup>	11.46±0.38 <sup>a</sup>	6.68±0.43 <sup>de</sup>
F3	77.70±0.97 <sup>c</sup>	11.63±0.61 <sup>ab</sup>	6.95±0.35 <sup>e</sup>

Means within column with different superscript letters are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Values are mean±standard deviation ( $n=16$ ).

<sup>2</sup>S=potato starch; F=pea fiber; 1=25% of fat was substituted; 2=50% of fat was substituted; 3=75% of fat was substituted.

Fat content was reported to be directly proportional to lightness ( $L^*$ ) value (Choe *et al.*, 2013; Pietrasik & Janz, 2010), as glossiness is normally provided by fat, therefore smaller lightness values were expected for fat-substituted counterparts compared to full fat control. In this study lightness slightly reduced, compared to control, in sausages containing potato starch, but means did not differ when pea fiber was added as fat substitute (Table 3). The reason for this discrepancy is unclear, but it maybe as a result of the added fiber that can affect the color of meat products interacting with the light scattering properties (Varnam & Sutherland, 1995). Similar extent of fat reduction than in present work, from 16% to 10-11% and 5-6%, did not exert significant effect on  $L^*$  value (Schmiele *et al.*, 2015) using amorphous cellulose fiber (Z-trim ®) as fat replacer. Sausages with pineapple dietary fiber had higher lightness values than control with the highest amount of fat (Clair Henning *et al.*, 2016).

**Sensory evaluation of Bologna-type sausages**

Regarding color, odor, taste and overall acceptability, no significant differences was found between the control product and its low fat analogues ( $p \geq 0.05$ ). Slight differences in instrumental color may have been too subtle for panelists to distinguish. It has been shown previously that significant differences measured in color was not detected by assessors (Keenan *et al.*, 2014). The average value of the overall score of each sausage was above 3 indicating that all the sausages were more liked than disliked (Table 4). Inclusion of pea starch or fiber (Pietrasik & Janz, 2010) instead of pork fat, or application of pig skin/wheat fiber mixture (Choe *et al.*, 2013) did not change the means of color, flavor, and overall scores of assessors. Replacement of fat with mixed gels of carrageenan, WPC, and tapioca starch (Lyons *et al.*, 1999) or carrageenan with pectin gel (Candogan & Kolsarici, 2003) or potato pulp (Bengtsson *et al.*, 2011) were reported as possess similar characteristic to that of full fat sausages. However, the null hypothesis for the equality of means of consistence was rejected at 95% probability level ( $p=0.026$ ) (Table 4). The consistence of sample with medium level of pea fiber (F2) was evaluated as better than that of control and product with high starch content (S3). Dietary fibers were suggested to compose fiber networks in food products, holding the



water within pores, and improve the gel stability unless an interaction occurs between meat protein gel and fibrous structure (Bengtsson et al., 2011).

**Table 4**  
**Scores of sensory analysis of high fat and low fat Bologna sausages<sup>1</sup>**

	Control	Low fat products <sup>2</sup>					
		S1	S2	S3	F1	F2	F3
Color	4.0±0.96	4.1±1.09	4.4±0.81	4.4±0.90	4.0±1.11	4.0±1.17	4.1±1.04
Odor	3.8±0.94	3.7±1.03	3.8±1.00	4.0±0.95	4.1±0.99	3.8±0.91	3.9±0.90
Consistence	3.8±0.94 <sup>a</sup>	3.9±0.85 <sup>ab</sup>	3.8±0.94 <sup>ab</sup>	3.7±1.07 <sup>a</sup>	4.0±0.84 <sup>ab</sup>	4.3±0.74 <sup>b</sup>	4.1±0.90 <sup>ab</sup>
Taste	3.6±1.15	3.9±0.86	3.8±1.10	4.1±0.90	3.8±0.89	4.1±0.87	4.1±0.86
Overall acceptability	3.7±0.88	3.8±0.83	3.7±0.82	3.9±0.85	3.9±0.74	4.1±0.75	4.1±0.86
Off-flavor	3.3±1.38 <sup>a</sup>	3.8±1.07 <sup>ab</sup>	3.8±1.21 <sup>ab</sup>	4.2±1.18 <sup>b</sup>	4.1±0.89 <sup>ab</sup>	4.0±1.11 <sup>ab</sup>	4.0±1.18 <sup>ab</sup>
Saltiness	3.6±0.75 <sup>de</sup>	3.3±0.55 <sup>cde</sup>	3.1±0.65 <sup>abc</sup>	2.8±0.72 <sup>a</sup>	3.4±0.69 <sup>cd</sup>	3.2±0.74 <sup>abcd</sup>	3.1±0.66 <sup>abc</sup>
Juiciness	3.7±0.86 <sup>d</sup>	2.8±0.82 <sup>bc</sup>	2.7±0.93 <sup>b</sup>	2.0±0.84 <sup>a</sup>	3.1±0.88 <sup>bcd</sup>	3.2±0.61 <sup>bcd</sup>	3.3±0.86 <sup>cd</sup>

Means within row with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

<sup>1</sup>Values are mean±standard deviation (n=44)

<sup>2</sup>S=potato starch; F=pea fiber; 1=25% of fat was substituted; 2=50% of fat was substituted; 3=75% of fat was substituted.

Off-flavor was mainly observed in panelist scores when high starch content (S3) was applied (Table 4). The mean value of saltiness was the highest in the case of full fat control samples. The saltiness of low-level fat replaced samples (S1 and F1) did not differ from control, contrarily, samples with high level of fat substitution (S3 and F3) were assessed to less salty. However, the same amount of salt was added to each sample during processing, and the chemical analysis of ash content verified that the ash content of different type of samples was the same. Hence, the variance in organoleptic assessment of saltiness is probably related to the differences in other constituents like fat and water and replacer materials, as meat content also was set to the same level. Fat replaced samples were perceived less salty than full fat samples with the same concentration of added salt. Similarly to this observation, other authors have also reported correlation between high fat content and increased salt perception in meat products. The increase in NaCl content was more noticeable in full fat products than in low fat products (Matulis et al., 1994), moreover, higher fat samples were scored as more salty than lower fat samples with inulin (Keenan et al., 2014). Nevertheless, Ruusunen and coworkers (2001) did not find differences in the perceived saltiness of sausages in which fat was replaced with water on an equal weight basis. Moreover, in a study when the temporal changes of flavor was investigated (Ventanas et al., 2010), fat content of sausage was reported as it did not exert a significant effect on the observed maximum intensity of salty taste, although the duration of the decreasing phase of the salty taste was longer in fatty products than in lean ones. These contradictory findings may indicate that background composition is a key factor in the perception of salty taste (Keenan et al., 2014), and besides fat content, the ratio of other constituents, like lean meat, water and fat replacers is important (Ruusunen et al., 2001, 2005). It has been also postulated that meat products, where water is bound weakly, have higher perceived saltiness (Ruusunen et al., 2005). In the present experiment high fat control sausage was juicier than low fat products with starch (Table 4), this may indicate a higher release of watery salt solution during mastication (Bengtsson et al., 2011) that might cause a saltier taste of control than that of high starch containing sample. The means of juiciness for pea fiber enriched sausages were also smaller than that of control,

but the differences were not significant. Other studies have also shown that juiciness is concomitant of high fat content (Tobin *et al.*, 2013; Keenan *et al.*, 2014).

Assessors did not find differences between samples regarding taste, while there were significant differences regarding saltiness (Table 4). The reason of this discrepancy is probably that taste assessment is ruled by several factors in a complex process and the advantageous and disadvantageous properties of samples can equate each other. Moreover, in the evaluation of taste, differences between the individuals might be greater than in the assessment of saltiness because the later may be more objective. The standard deviation values of saltiness were smaller, than that of taste (Table 4) verifying this assumption, while the standard deviation of off-flavor was in the same order of magnitude than that of taste referring to the greater individual variance.

## **CONCLUSIONS**

Color, odor, taste and overall acceptability of the manufactured healthier low fat model products proved to be highly similar to the conventional full fat Bologna type turkey sausage. Nevertheless, partial fat replacement using potato starch (3.9%, 5.8%) or pea fiber (1.6%) resulted in significant loss in salty taste. The decreased perception of saltiness is most likely due to the differences in background composition as sausages had the same salt concentration. Changes in saltiness were in line with variation in juiciness. In low fat products with fat replacers, if water and water soluble compounds are bound strongly, their release and therefore the perception of salty taste might be hampered. This effect may be disadvantageous when salt content is reduced parallel with fat content in low fat and low salt Bologna-type sausages, as the assessment of salty taste might be reduced to a greater extent than could be expected based on concentration decrease.

## **ACKNOWLEDGEMENT**

This work was supported by the Doctoral School of Animal Science, Kaposvár University. Toxanbayeva Botagoz PhD student is granted by the Balassi Institute (Stipendium Hungaricum Scholarship Program, K 3203). The authors also wish to thank the members of Institute of Food and Agricultural Product Qualification who participated at organoleptic tests and conducted proximate analysis of samples.

## **REFERENCES**

- Bañón, S., Díaz, P., Nieto, G., Castillo, M., & Álvarez, D. (2008). Modelling the yield and texture of comminuted pork products using color and temperature. Effect of fat/lean ratio and starch. *Meat Sci.*, 80. 649-655.
- Beggs, K.L.H., Bowers, J. A. & Brown, D. (1997). Sensory and physical characteristics of reduced-fat turkey frankfurters with modified corn starch and water. *J. Food Sci.*, 62. 1240-1244.
- Bengtsson, H., Montelius, C., & Tornber, E. (2011). Heat-treated and homogenised potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. *Meat Sci.*, 88. 75-81.
- Berasategi, I., Navarro-Blasco, Í., Calvo, M.I., Cavero, R.Y., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2014). Healthy reduced-fat Bologna sausages enriched in ALA and DHA and stabilized with *Melissa officinalis* extract. *Meat Sci.*, 96. 1185-1190.
- Brewer, M. S. (2012). Reducing fat in ground beef without sacrificing quality: A review. *Meat Sci.*, 91. 385-395.

- Candogan, K., & Kolsarici, N. (2003). Storage stability of low-fat beef frankfurters formulated with carrageenan or carrageenan with pectin. *Meat Sci.*, 64. 207-214.
- Choe, J.-H., Kim, H.-Y., Lee, J.-M., Kim, Y.-J., & Kim C.-J. (2013). Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Sci.*, 93. 849-854.
- Clair Henning, S.S., Tshalibe, P., & Hoffman, L.C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water, *LWT - Food Sci. Technol.*, 74. 92-98.
- Keenan, D.F., Resconi, V.C., Kerry J.P., & Hamill R.M. (2014). Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Sci.*, 96. 1384-1394.
- Lyons, P.H., Kerry, J.F., Morrissey, P.A., & Buckley, D.J. (1999). The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. *Meat Sci.*, 51. 43-52.
- Matulis, R. D., McKeith, F. K., & Brewer, M. S. (1994). Physical and sensory characteristics of commercially available frankfurters. *J. Food Qual.*, 17. 263-271.
- MSZ ISO 936:2000. Meat and meat products. Determination of total ash.
- MSZ ISO 937:2002. Meat and meat products. Determination of nitrogen content (Reference method).
- MSZ ISO 1442:2000. Meat and meat products. Determination of moisture content (Reference method).
- MSZ ISO 1443:2002. Meat and meat products. Determination of total fat content.
- Pietrasik, Z., & Janz, J.A.M. (2010). Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. *Food Res. Int.*, 43. 602-608.
- Ruusunen, M., Simolin, M., & Puolanne, E. (2001). The effect of fat content and flavor enhancers on the perceived saltiness of cooked "bologna-type" sausages. *J. Muscle Foods*, 12. 107-120.
- Ruusunen, M., & Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Sci.*, 70. 531-541.
- Schmiele, M., Mascarenhas, M.C.C.N., da Silva Barretto, A.C. & Pollonio, M.A.R. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *Food Sci. Technol.*, 61. 105-111.
- Tobin, B.D., O'Sullivan, M. G., Hamill, R. M., & Kerry, J. P. (2013). The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. *Meat Sci.*, 93. 145-152.
- Varnam, A., H., & Sutherland, J.P. (1995). *Meat and Meat Products: Technology, Chemistry and Microbiology*. Chapman & Hall, London, UK. pp. 26, 84, 149, 376-381.
- Ventanas, S., Puolanne, E., & Tuorila, H. (2010). Temporal changes of flavour and texture in cooked bologna type sausages as affected by fat and salt content. *Meat Sci.*, 85. 410-419.

Corresponding author (*levelezési cím*):

**Éva Varga-Visi**

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

H-7401 Kaposvár, P.O. Box 16.

Tel.: +36-82-505-800, Fax: +36-82-321-749

e-mail: [vargane.eva@ke.hu](mailto:vargane.eva@ke.hu)



# A hazai kommunális hulladékba kerülő étkezési burgonya egyes gazdasági hatásainak elemzése

**Hubert K., Szűcs I.**

Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar  
Gazdálkodástudományi Intézet, Üzemtani és Vállalati Tervezés Tanszék  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

## ÖSSZEFOGLALÁS

*A mai felgyorsult világban, ahol mintegy 792 millió ember éhezik (FAO, 2016a), és ahol a források végesek, kulcsfontosságú, hogy megfelelő figyelmet kapjon az élelmiszervesztés, illetve élelmiszerpazarlás megelőzésének és csökkentésének témája.*

*Globálisan és hazai szinten is jelentkező probléma a már előállított és a végső fogyasztóhoz eljuttatott élelmiszerek „szemébe dobása”, mely nemzetgazdasági szinten mindenképpen hatékonyság-vesztést eredményez. Míg világviszonylatban 1,3 milliárd tonna nagyságrendű élelmiszerhulladékot említ a FAO egyik 2011. évi tanulmánya, addig hazánkban mintegy 1,8 millió tonnára becsülik az élelmiszerszemét éves mennyiségét, amely magába foglalja a termeléstől a fogyasztásig minden szegmens hulladékát. A Magyar Élelmiszerbank Egyesület (2015a) által közölt lakossági, azaz háztartási élelmiszerhulladék mennyisége mintegy 400 000 tonna.*

*Céltűzéseinknek megfelelően a „kidobott” burgonya és burgonyából készült élelmiszerek mennyiségéhez hozzárendeltük azokat az inputokat, - naturáliákban és pénzürtékben kifejezve - amelyek a mezőgazdasági termelés során felmerültek. Ezzel a módszerrel azt szeretnénk tudatosítani a fogyasztókban, hogy az általuk „kidobott” végtermékekkel – jelen esetben az étkezési burgonyával - mennyi erőforrást (földterületet, vizet, műtrágyát, növényvédőszer, vetőgumót és gázolajat) kötnek le, illetve használnak el feleslegesen az agráriumban.*

*Amennyiben a háztartások a fogyasztásra szánt étkezési burgonya 10%-át elpazarolják, azzal együtt mintegy 2 917 millió Ft-nak megfelelő „pénzt dobnak ki az ablakon” teljesen feleslegesen.*

*Kalkulációink szerint az étkezési burgonya 10%-os kommunális hulladékba kerülésével mintegy 814 hektár földterület lekötése bizonyul indokolatlannak. Az étkezési burgonya 10%-os pazarlásával a feleslegesen lekötött erőforrások pénzürtéke a kalkulációink szerint mindösszesen 855 millió Ft. Ebből a lekötött víz 332 millió Ft (39%); a lekötött vetőgumó 316 millió Ft (37%); a lekötött műtrágya 134 millió Ft (15%); a lekötött növényvédőszer 40 millió Ft (5%) és a lekötött gázolaj pénzürtéke 33 millió Ft (4%).*

(Kulcsszavak: háztartási burgonya-pazarlás, felesleges erőforrás lekötés)

## ABSTRACT

### Analyses of some economic impacts of food potato going to household waste in Hungary

K. HUBERT, I. SZŰCS

University of Debrecen, Faculty of Economic Sciences  
Institute of Business and Management Sciences  
Department of Farm Business Management and Corporate Planning  
4032 Debrecen, Böszörményi Str. 138., Hungary

*In our fast-moving world with roughly 792 million people starving (HCSO, 2016a) and scarce resources, it is crucial that prevention and reduction of food waste and food wastage receive more attention.*

*Food wastage from finished products and from foodstuff supplied to ultimate consumers poses global and national problem that triggers negative tendency in efficiency at national level. According to a HCSO study from 2011, the annual food waste is up to 1.3 billion tonnes on a global scale while it is estimated to reach roughly 1.8 million tonnes annually in Hungary including waste from production to consumption in each segment. The quantity of domestic food waste is 400 000 tonnes published by the Hungarian Food Bank Association, 2015a.*

*In line with our targets, Inputs during agricultural production (in non-financial and financial quantitative measures) were assigned to the quantity of potato and potato-based food wastage. The aim of this method is to raise consumer awareness that how much resource (land, water, fertilizer, pesticide, seed potatoes and diesel oil) they use and how much resource is used unnecessarily by the wastage of finished product (potato) in agriculture.*

*If households waste 10% of food potato intended for consumption, they waste an amount equal to 2 917 million HUF.*

*Based upon our calculations a land of 814 ha is unnecessarily used due to 10% waste of table potato. Value of unnecessarily used resources is tantamount to 855 million HUF based on our calculations of which water is 332 million HUF (39 %), seed potato 316 million HUF (37%), fertilizer 134 million HUF (15%), pesticide 40 million HUF (5%) and diesel oil 33 million HUF (4%).*

(Keywords: household potato-waste, unnecessary immobilization of resource)

## BEVEZETÉS

Az élelmiszerek pazarlása az élelmiszerlánc minden pontján, a termeléstől kezdve, a betakarításon és a feldolgozáson át a kereskedelemig, valamint a végső fogyasztóig jelentkező és egyben sürgősen megoldásra váró probléma (Schneider, 2008).

Míg a fejlett gazdasággal rendelkező országokban jellemzően az élelmiszerlánc fogyasztói szakaszában keletkezik nagyobb mennyiségű veszteség, addig a fejlődő országokban a betakarítás utáni (post-harvest) veszteség a meghatározó (Parfitt et al., 2010; Császár, 2014; Borbély, 2014).

A kevésbé fejlett országokban a legnagyobb problémát az elmaradott termesztési- és betakarítási technikák, a megfelelő szállító eszközök-, valamint a romlandó terményekhez nélkülözhetetlen hűtőlánc hiánya okozza (Parfitt et al., 2010), a háztartásokban keletkezett veszteség legfőképp a fogyasztók megváltozott életmódjára, fogyasztási szokásaikra vezethető vissza (Bánáti, 2006).

A legtöbb élelmiszer-hulladék a háztartásokban (47 millió tonna  $\pm$  4 tonna) és az élelmiszerfeldolgozás (17 millió tonna  $\pm$  13 millió tonna) során keletkezik. Ez a két szektor az Európai Unió élelmiszerpazarlásának 72%-át adja, ráadásul az élelmiszerfeldolgozás során keletkezett hulladék mennyiségét illetően nagy a bizonytalanság, mivel csupán 4 uniós tagállam rendelkezik megbízható információkkal. Sőt, jelentős különbségek vannak a tagállamok normalizált élelmiszerhulladék mennyiségei között is. A Bizottság adatai szerint az EU-28 teljes élelmiszerpazarlásából fennmaradó 28% a következőkből tevődik össze: 11 millió tonna a vendéklátóiparból, 9 millió tonna a primer termelésből, 5 millió tonna a kis- és nagykereskedelemből (*European Commission, 2016*).

Becsült adatok szerint hazánkban az élelmiszerhulladék legnagyobb mennyiségét a feldolgozóipar (62%) és a háztartások adják (21%), és további 6%-kal a kereskedelem és 11%-kal a vendéglátás képviselteti magát a pazarlási rangsort illetően (*Zentai, 2013*).

*Parfitt et al., 2010* a háztartási veszteségek három típusát különbözteti meg: (1) elkerülhető veszteségnek tekinti a kidobott, de egyébként még fogyasztható élelmiszereket (pl. maradék, nem időben való felhasználás, stb.); (2) esetleg elkerülhető veszteségként említi azokat az élelmiszereket, vagy azok részeit, amelyeket egyes emberek elfogyasztanak, mások viszont nem (pl. kenyérhéj, burgonyahéj, stb.); (3) elkerülhetetlen veszteségként pedig az ehetetlen részeket (pl. csont, tojáshéj, kávézacc, zöldség héj, almacsutka, stb.) nevezi meg. A hazánkban keletkezett élelmiszerhulladék majd kétharmada ez utóbbi csoportba sorolható.

Le kell azonban szögeznünk, hogy az élelmiszerpazarlás az élelmiszerlánc bármelyik pontján is következik be, nagymértékű pénzügyi veszteséggel jár. Míg az Egyesült Királyságban a megvásárolt élelmiszerek harmadát dobják kukába, addig a magyar háztartásokban ez az arány *Császár (2015)* véleménye szerint 10% lehet. A Császár-, illetve a European Commission által közölt magyarországi adatok közötti ellentmondás szerzői véleményünk alapján arra enged következtetni, hogy az élelmiszerhulladék mennyiségére vonatkozóan pontos, mért adatok nem állnak rendelkezésre, a közölt adatok becsült adatok.

Az *Európai Bizottság (2011)* arról számol be, hogy az uniós háztartások által megvásárolt élelmiszerek mintegy 25%-a végzi a kukában. Nagy-Britanniában évente 6,7 millió tonna élelmiszer kerül a szemétkosárba. Ez háztartásonként évente 420 GBP értékű élelem kidobását jelenti, vagyis 25 millió háztartással számolva ez meghaladja a 10 milliárd GBP-t (*WRAP, 2008*).

Magyarországon becslések szerint évente 1,8 millió tonna élelmiszerhulladék keletkezik, melynek értéke elérheti a 200 milliárd Ft-ot (*Császár, 2014*). Szerzői véleményünk szerint ez alatt az érték alatt az élelmiszerek újraelőállításának értéke értendő, ugyanis az élelmiszerek értéke az előállítás pillanatában a legmagasabb, ezt követően csökken.

A Tetra Pak Hungária Zrt. – az NRC Piackutató intézet bevonásával – 1 200 fő megkérdezésével végzett egy országos reprezentatív kutatást. A felmérésből kiderült, hogy a Magyarországon élő családok közel fele, 42%-a rendszeresen „dob ki” élelmiszert. A háztartások 4%-ánál napi szinten, 27%-ánál heti rendszerességgel, 11%-ánál havi gyakorisággal kerül élelmiszerhulladék a kommunális hulladékba. A leggyakrabban megnevezett „kidobott” élelmiszer-alcsoportok ranglistáján a zöldségfélék a harmadik helyen állnak a pékárukat, valamint főtt ételeket követve (*Marketinginfo, 2015*).

A cikkben elsősorban kommunális szemétkosárba kerülő étkezési célú burgonyával foglalkozunk, ezért először röviden áttekintjük a burgonya gazdasági jelentőségét.

A burgonya évezredek óta kiemelt szereppel bír az emberiség étkezésében. A *FAO, 2014*. évi adatai alapján a világ burgonyatermelése több, mint 381 millió tonna volt, melyhez Kína közel 96 millió tonna, India 45 millió tonna, Oroszország 30 millió tonna, Ukrajna 22 millió tonna, míg az USA közel 20 millió tonna burgonya előállításával járult hozzá. E négy ország (TOP-4) együttesen a világ burgonyatermelésének több, mint 50%-át adta.

Európa burgonyatermelésének rangsorában első helyen Németország (10,37 millió tonna), második helyen Franciaország (7,114 millió tonna), harmadik helyen pedig Hollandia (6,652 millió tonna) állt (FAO, 2015).

Hazánkban mintegy 20 ezer hektáron folytatnak burgonyatermesztést, melyen évente mintegy 500 ezer tonna burgonya előállítására valósul meg (KSH, 2013-2015a). Magyarországon évente átlagosan közel 189 450 tonna étkezési burgonyát fogyasztunk el, melynek 70%-a (138 680 tonna) piacról, háztól, illetve boltból kerül beszerzésre, 30%-át (50 770 tonna) pedig saját maguk termelik meg a fogyasztók (KSH, 2013-2015a). Az egy főre jutó éves burgonyafogyasztásunk 28,9 kilogramm, amely a legnagyobb arányt (36%) képviseli zöldségfogyasztásunk tekintetében (KSH, 2016a). Ennek mindössze 1,7%-át (500 gramm/év) fogyasztjuk el burgonya chips formájában (Szabó, 2017). Az importált burgonya mennyisége sem elhanyagolható, amely a 2015. gazdasági évben mintegy 49,6 ezer tonna volt (KSH, 2015b).

Az étkezési burgonya mellett, hogy fontos C-vitamin forrásunk egyike, gyakran alkalmazza a népi orvoslás külsőleg és belsőleg egyaránt. Nyers burgonya reszeléket tesznek például a gyulladt sebekre, ütés következtében megdagadt testrészekre, szeletekre vágva pedig alkalmazzák migrénes fejfájás enyhítésére is. A héjában főtt/sült burgonyát javasolják emésztési zavarokra, gyomor- és bélproblémákra. A főtt burgonya/burgonyapüré fogyasztása a gyomorsav közömbösítésével hozzájárul a gyomorhurut, gyomorfekély, valamint bélgyulladás kialakulása ellen. Gyakori alapanyaga a méregtelenítő kúráknak is, melynek során burgonyalé fogyasztásával tisztíthatjuk meg szervezetünket a nehéz fémek lerakódásától (Termelői, 2013).

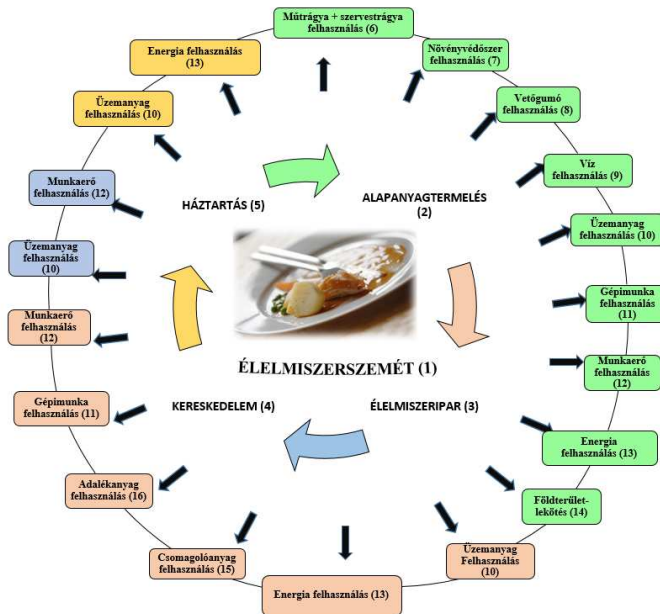
Meglátásunk szerint a végső fogyasztói szakaszban az élelmiszerek pazarlása messze túlmutat azon a tényen, hogy ha ételt dobunk a szemétkosárba, akkor pénzt is pazarolunk. Gazdasági megközelítésben a problémát nem csupán az élelmiszeripari termékek pazarlása jelenti. A kidobott élelmiszerekkel együtt ugyanis közvetetten „szemétkosárba kerülnek” azok az erőforrások is, melyek az ételeink alapanyagainak előállításához szükségesek. A következő ábrán az étkezési burgonya, mint élelmiszerszemét közvetlen hatásait rendszerezte négy szegmens mentén, melyek a következők: (1) alapanyagtermelés; (2) élelmiszeripar; (3) kereskedelem és (4) háztartás (1. ábra).

A *United Nations Environment Programme* (FAO, 2016b) tanulmányához kapcsolódó promóciós plakát a globális élelmiszer-termelés 1/3-ának kidobására hívja fel a figyelmet, amely évente 1,3 milliárd tonna (2. ábra). Továbbá az UNEP az ENSZ legfontosabb környezetvédelmi törekvéseit összefoglaló szervezet küldetésének tekinti, hogy ösztönözze a nemzeteket és népeket életminőségük javításában, anélkül, hogy a jövő generációit veszélyeztetné. Tevékenységeikben helyt kap a fenntarthatóság megóvása érdekében az éghajlatváltozás-, a katasztrófák-, az ökoszisztéma-gazdálkodás-, a környezetvédelmi irányítás-, a vegyi anyagok és a hulladék-, valamint az erőforrás-hatékonyság kérdésköre is.

Az Európai Hulladékcsökkentési Hét szervezői minden évben felhívást tesznek közzé az ún. „Tematikus Megelőzési Napok”-ra. Ennek kapcsán évről-évre külön a hulladékeletkezés megelőzésének egy-egy specifikus területére fókuszáló akcióötletek kidolgozására hívják fel a figyelmet. A 3. ábrán a 2016-ban megrendezésre került „Tematikus Megelőzési Napok” promóciós plakátja látható, melynek keretében a csomagolási hulladékok keletkezésének megelőzésére és a már feleslegessé vált csomagoló anyagok szelektív gyűjtésére került a hangsúly.

Az élelmiszerhulladék mérséklését a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) is fontosnak tartja, melyet a most induló „Maradék nélkül: a NÉBIH az élelmiszerpazarlás ellen” elnevezésű kampányának segítségével 2020-ig 8-10 százalékkal szeretnének csökkenteni. A kampány keretében kulcsszerepet szánnak az általános iskolásoknak, akik játékos tananyagokból sajátíthatják el a legfontosabb ismereteket. További célul tűzték ki az

élelmiszer-előállítók, az élelmiszerkereskedők, a vendéglátásban dolgozók és a civil szervezetek bevonásával a magyar és a nemzetközi jó gyakorlatok összegyűjtését, valamint a magyar jogszabályi környezethez illeszkedő útmutató kidolgozását is (Magyarország Kormánya, 2016).



1. ábra

**Az élelmiszerszemét keletkezésének komplex hatástérképe I.**

Forrás: saját szerkesztés, 2017 (Source: own construction)

Figure 1. The impact map of food waste formation I. food waste (1); production of raw materials (2); food industry (3); trade (4); household (5); use of fertilizer and manure (6); use of pesticides (7); use of seed potato (8); use of water (9); use of fuels (10); use of mechanical job (11); use of labour (12); use of energy (13); land allotment (14); use of packaging materials (15); use of additives (16)



2. ábra

**UNEP promóciós plakát (2016)**

Forrás (source): FAO, 2016b



3. ábra

**Tematikus megelőzési Napok (2016)**

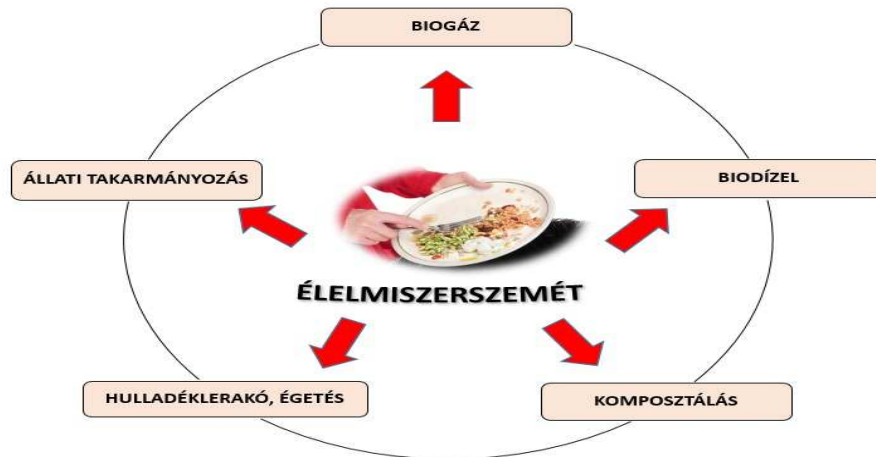
Forrás (source): Ecolounge (2016)

Figure 2. UNEP promotion poster (2016)

Figure 3. Thematic prevention days (2016)

Az élelmiszerszemét hasznosításának lehetséges változatait a következő ábra szemlélteti (4. ábra).





#### 4. ábra

#### Az élelmiszerszemét „útja”

*Forrás: saját szerkesztés, 2017 (Source: own construction)*

Figure 4. The “way” of food waste

Az élelmiszerhulladék újrahasznosításának megvalósításához a Biofilter Zrt. országos begyűjtő-hálózatot, környezetközpontú és minőségirányítási rendszert is működtet. A feldolgozott ételhulladék a biogáz előállítás alapanyagául szolgál, ezzel támogatva a megújuló energiaforrásokat, vagyis a biogázból nyert elektromos- és hőenergia térhódítását. A használt sütőolajból biodízel alapanyagot állítanak elő, melynek legnagyobb jelentősége abban áll, hogy a közúti forgalomban résztvevő járműveknek jelent alternatív, megújuló üzemanyagot (*Biofilter Környezetvédelmi Zrt., 2017*).

Hazánkban az élelmiszer- és ételhulladékokra vonatkozó új jogszabályok megtiltották az étkezési melléktermékek takarmánycélú felhasználását az élelmiszertermelő haszonállatoknál. A sertéspestis elleni védekezés érdekében hozták létre a 75/2002. (VII.16.) FVM-rendeletet, mely a következők szerint nevesíti az élelmiszerhulladékokat: „az emberi fogyasztásra szánt élelmiszerekből származó bármely hulladék, amely éttermekből, feldolgozóüzemekből, konyhákból kerül ki”. Továbbá kimondja, hogy „a klasszikus sertéspestis megbetegedés hatékony megelőzése érdekében tilos az élelmiszer-hulladék feletetése sertésekkel” (*Földművelésügyi Minisztérium, 2006*).

Az élelmiszerpazarlás elleni küzdelemben a világ számos országában élelmiszerbankok működnek közre. Az Európai Élelmiszerbankok Szövetségének keretében jelenleg 23 országban (Ausztria, Belgium, Bulgária, Csehország, Dánia Egyesült Királyság, Észtország, Franciaország, Görögország, Hollandia, Írország, Lengyelország, Litvánia, Luxemburg, Magyarország, Norvégia, Olaszország, Portugália, Spanyolország, Svájc, Szerbia, Szlovákia, Ukrajna) 265 élelmiszerbank működik. Munkájának köszönhetően évente több, mint 400 000 tonna élelmiszert osztanak szét ingyenesen a több, mint 33 200 karitatív szervezet részére, melyek összesen mintegy 5,7 millió rászoruló emberhez juttatják el az adományokat (*Magyar Élelmiszerbank Egyesület, 2015b*).

A Magyar Élelmiszerbank Egyesület 2005-ben kezdte meg működését. Legfontosabb tevékenysége, hogy felkutatja a kereskedelmi forgalomba valamiért nem hozható, de minőségileg fogyasztható élelmiszereket, majd gondoskodik az így összegyűjtött készletek szállításáról, biztonságos tárolásáról és szétosztásáról. Az adományként átvett élelmiszerek között találhatóak esztétikai, pl. csomagolási hibás termékek, lejárat közeli szavatosságú élelmiszerek, szezon utáni áruk, és egyéb olyan termékek, amelyek fogyasztásra alkalmasak, de a gyártó vagy kereskedő nem kívánja, vagy nem tudja kereskedelmi forgalomba hozni. Ezek az élelmiszerek sok esetben megsemmisítésre kerülnek. Az Élelmiszerbank célja, hogy a

lehető legtöbb ilyen tartalékot felkutassa, eljuttassa az arra rászorulóknak (*Magyar Élelmiszerbank Egyesület, 2015c*).

Mindezen előzmények alapján, a probléma ismeretében az alábbi célkitűzéseket fogalmaztuk meg, illetve az alábbi kérdésekre keressük a választ:

- Az étkezési burgonya<sup>1</sup> „szemébe dobásával” mekkora pénzügyi veszteség keletkezik?
- Az étkezési burgonya kommunális hulladékba kerülésével hogyan alakul a feleslegesen leköötött földterület nagysága?
- Az étkezési burgonya pazarlásával a termesztéshez/feldolgozáshoz/logisztikához kapcsolódóan mennyi vizet használnak el indokolatlanul?
- Az el nem fogyasztott étkezési burgonya „kidobásával” hogyan alakulnak a feleslegesen leköötött anyagjellegű ráfordítások-, úgymint a víz, műtrágya, növényvédőszer, vetőgumó és a gázolaj?

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A probléma átláthatósága érdekében kalkulációkat végeztünk a zöldség termékpályára – azon belül is az étkezési burgonyára – vonatkozóan.

A kommunális hulladékba kerülő étkezési burgonya pénzértékének számszerűsítéséhez az étkezési burgonya fogyasztói átlagárát (154 Ft) vettük alapul, amely az elmúlt három évben a következőképpen alakult: 2013-ban 173 Ft, 2014-ben 147 Ft, 2015-ben 142 Ft (*KSH, 2013-2015b*).

Az elpazarolt burgonyának a pénzértékéből, azaz a „kidobott pénzből” számos rászoruló embernek lehetne segíteni, akár élelmiszer-adományok eljuttatásával is. Ennek személtetése érdekében összeállítottunk egy 1 005 Ft értékű, a Magyar Vöröskereszt által preferált élelmiszercsomagot, amely az alábbi alapvető élelmiszereket tartalmazza: 3 kg liszt, 3 kg kristálycukor, 3 kg burgonya, 3 kg vöröshagyma, valamint 3 kg rizs. Az élelmiszercsomag pénzértékének meghatározása az élelmiszerek 2013-2015. évi fogyasztói átlagárainak tükrében történt, amelyet az 1. táblázat mutat be (*KSH, 2013-2015b*).

### 1. táblázat

#### A kalkulációban használt alapvető élelmiszerek fogyasztói átlagára

Me.: Ft/kg (9)

Megnevezés (1)	2013	2014	2015	Átlag (2)
Liszt (3)	167	140	135	147
Kristálycukor (4)	275	222	197	231
Burgonya (5)	173	147	142	154
Vöröshagyma (6)	178	179	177	178
Rizs (7)	295	288	303	295
<b>Összesen (8)</b>	-	-	-	<b>1 005</b>

Forrás: KSH, 2016d (Source: HCSO, 2016d)

Table 1. The average consumer prices of basic food items applied in the calculations items (1); average (2); flour (3); granulated sugar (4); potato (5); onion (6); rice (7); total (8); HUF/kg (9)

Ahhoz, hogy szemléltetni tudjuk, hogy az étkezési burgonya pazarlása mennyi földterületet köt le feleslegesen az élelmiszervertikumban, figyelembe kellett vennünk az étkezési

<sup>1</sup> A kérdések az étkezési burgonyára és az abból készült ételekre vonatkoznak, eltekintve a hámozásból és feldolgozásból származó veszteségektől.

burgonya termésátlagát, amely az elmúlt évek átlagait figyelembe véve kerekítve 23 tonna volt hektáronként (KSH, 2013-2015a).

Az elpazarolt étkezési burgonya átlagos vízlábnyomának naturáliában történő szemléltetéséhez a Hoekstra, A. (2010) által meghatározott vízlábnyomot vettük alapul, amely egy kilogramm étkezési burgonya esetében 250 liter. A *Genezis* (2016) burgonya technológiáról szóló kiadvány arról számol be, hogy az étkezési burgonya csapadékigénye a virágzás-gumóképzés-intenzív növekedés szakaszaiban kerül előtérbe, ami hazai viszonyokat tekintve június-július hónapra esik. Vízigénye nagy, 30 t/ha hektár termést feltételezve júniustól júliusig 300 mm. Jelenlegi hazai termőtájain ennek kb. 50-75%-a hullik le csapadék formájában. A fennmaradó mennyiség pótlását (25-50%), kb. 120-150 mm-t jelent, öntözéssel oldhatjuk meg.

A pénzértékben kifejezett vízlábnyom során a VTOSZ (2012) által közölt átlagos öntözővíz díjjal kalkuláltunk, amely 70 Ft/m<sup>3</sup>.

A feleslegesen lekötött további anyagjellegű ráfordítások (műtrágya, növényvédőszer, vetőgumó) szemléltetéséhez egy átlagos étkezési burgonyatermesztési technológiát feltételeztünk, amely az alábbi naturáliában kifejezett ráfordításokkal, illetve pénzértékben kifejezett értékekkel készült el (2. táblázat). A naturáliában kifejezett ráfordítások számszerűsítéséhez a *Genezis* (2016) burgonya technológiáról szóló kiadványát, a pénzértékben kifejezett ráfordításokhoz pedig a városföldi *Anthera Kft.* (2016) árjegyzékét használtuk fel.

## 2. táblázat

### Étkezési burgonya termesztés átlagos mennyiségű fontosabb anyagjellegű ráfordításai (műtrágya, növényvédőszer, vetőgumó)

Megnevezés (1)	Mennyiség (2)	Mértékegység (3)	Anyagjellegű ráfordítások (Ft/ha) (4)
Műtrágya: NPK 0-10-28 (5)	500	kg/ha	63 375
Műtrágya: NPK 4-17-30 (6)	400	kg/ha	65 450
Műtrágya: 27% Pétisó (7)	500	kg/ha	36 000
Inszepticid: Force (8)	8,5	kg/ha	28 356
Herbicid: Arcade (9)	4	l/ha	3 379
Inszepticid: Actara (10)	80	ml/ha	5 618
Fungicid: Bravo 500 (11)	2,1	l/ha	12 109
Vetőgumó: Desiree (12)	2,5	t/ha	387 500
<b>Összesen (13)</b>	-	-	<b>601 787</b>

Forrás: Anonymus 6, Anonymus 7 adatai alapján.

Table 2. The major material costs of potato production expressed in average quantities (artificial fertilizers, pesticides, seed potato)

items (1); quantity (2); measurement unit (3); material costs (HUF/hectare) (4); fertilizer: NPK 0-10-28 (5); fertilizer: NPK 4-17-30 (6); 27% nitrogen content "Pétisó" (7); insecticide: Force (8); herbicide: Arcade (9); insecticide: Actara (10); fungicide: Bravo 500 (11); seed potato: Desiree (12); total (6)

A szükségtelen gázolaj-felhasználás szemléltetése az elmúlt három év gázolaj árainak (407 Ft) figyelembevételével történt, amely 2013-ban 428 Ft, 2014-ben 425 Ft, 2015-ben pedig 368 Ft volt (NAV, 2013-2015). Intenzív technológia révén a felhasznált gázolaj mennyisége hektáronként átlagosan 100 liter.

A kalkulációkban a pazarlás mértékét 5, 10, 15 százalékban határoztuk meg, amelynek központi értéke a Császár (2015) által közölt 10%-os burgonyapazarlás.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### Pénzügyi veszteség

A *KSH (2013-2015c)* adatai alapján az egy főre jutó átlagos élelmiszer-kiadás (üdítő- és alkoholos italok nélkül) több, mint 199 000 Ft/fő/év. A legnagyobb kiadások a hús- és húsfélék, a tej, tejtermék, tojás, valamint a cereáliák, mint élelmiszer-alcsoportok esetében merülnek fel. Az összes élelmiszer-kiadásból a hús- és húsfélékre költött kiadás 31%-ot (61 ezer Ft) jelent, a cereáliák kiadásai, valamint a tej-, tejtermék-, tojás- kiadásai egyenlő arányt képviselnek 17-17%-kal (33-34 ezer Ft). Ezek együttesen 65%-át adják az összes élelmiszer-kiadásnak. Zöldség, burgonya vásárlására 11%-ot (22 ezer Ft), gyümölcs-, illetve cukor és édesség vásárlására 7-7%-ot (14-14 ezer Ft) fordítunk élelmiszer-kiadásainkból, és közel ugyanennyi pénzt költünk olajok, zsírok vásárlására is (10 ezer Ft). Legkevesebbet az egyéb élelmiszerek, pl. mártások, fűszerek, bébi, és diétás ételek (8,5 ezer Ft), valamint a hal és tenger gyümölcseinek (2 ezer Ft) beszerzésére fordítunk. Ezek együttesen mindössze 5%-át jelentik élelmiszer-kiadásainknak (3. táblázat).

### 3. táblázat

**Az egy főre jutó éves átlagos élelmiszer-kiadások alakulása (2013-2015 évek átlaga)**

Élelmiszer-alcsoportok (1)	Élelmiszer-kiadás (Ft) (2)	Élelmiszer-kiadás (%) (3)
Cereáliák (4)	32 990	17
Hús és húsfélék (5)	61 316	31
Hal és tenger gyümölcsei (6)	2 058	1
Tej, tejtermék, tojás (7)	34 404	17
Olajok, zsiradékok (8)	10 043	5
Gyümölcs (9)	14 017	7
<b>Zöldség, burgonya (10)</b>	<b>22 164</b>	<b>11</b>
Cukor, édességek (11)	13 757	7
Egyéb élelmiszer (12)	8 517	4
<b>Élelmiszer-kiadások összesen (13)</b>	<b>199 265</b>	<b>100</b>

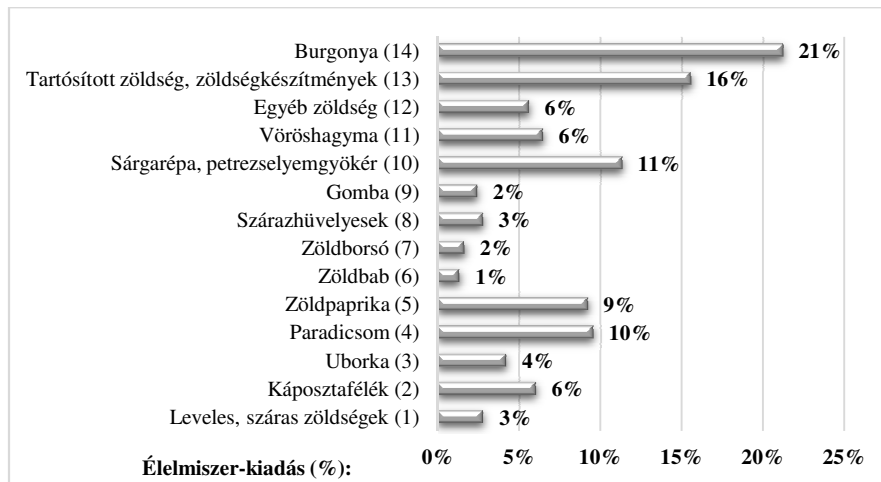
*Forrás: KSH, 2013-2015c (Source: HCSO, 2013-2015c)*

Table 3. Annual food expenditures per capita (the average of 2013-2015) food subgroups (1); food expenditure (HUF/capita/year) (2); food expenditure (percentage); cereals (4); meat and meat products (5); fish and fruit of the sea (6); milk, milk product, eggs (7); oils, fats (8); fruits (9); vegetables, potato (10); sugar, sweets (11); other food (12); total food expenditures (13)

A 2013-2015-ös időszakban a zöldségekre fordított kiadások szemrevételezésével megállapítható, hogy egyértelműen a burgonya kiadása a legjelentősebb (21%), amely évente mintegy 4, 654 ezer forinttal járul hozzá élelmiszerkiadásainkhoz (*KSH, 2013-2015c*). További jelentős kiadási tételt jelent a zöldségeken belül a tartósított zöldség, zöldségkészítmények (16%) aránya, amelyre 3,546 ezer forintot költünk, és megemlíthető a sárgarépa, petrezselyemgyökér aránya is (11%), amely 2, 438 ezer forinttal járul hozzá a zöldségekre fordított kiadásainkhoz. A paradicsom (10%), illetve zöldpaprika (9%) vásárlása mindössze

2-2,2 ezer Ft-tal növeli élelmiszer-kiadásainkat. Még ettől is kevesebbet fordítunk egyéb zöldség (6%), káposztafélék (6%), valamint vöröshagyma (6%) vásárlására, tovább növelve kiadásainkat 1,329-1,329 ezer Ft-tal. A legkevesebbet zöldségekre fordított kiadást pedig az

uborka (4%), a leveles, száras zöldségek (3%), a szárazhüvelyesek (3%), a gomba (2%), a zöldborsó (2%), valamint a zöldbab (1%) jelentik, melyekre élelmiszer alcsoportonként átlagosan 0,22-0,88 ezer forintot költünk (5. ábra).



5. ábra

### Zöldségekre fordított kiadások átlagos összetétele (2013-2015 évek átlaga)

Forrás: KSH, 2013-2015c (Source: HCSO, 2013-2015c)

Figure 5. Composition of expenditure of vegetables (the average of 2013-2015)

leafy and stem vegetables (1); brassica vegetables (2); cucumber (3); tomato (4); green pepper (5); green bean (6); garden peas (7); dried pulses (8); mushroom (9); carrot, parsley root (10); onion (11); other vegetables (12); preserved vegetable, vegetable preparation (13); potato (14)

A következő táblázatokban bemutatjuk, hogy hogyan alakul termelői oldalon (közületi) és fogyasztói oldalon (saját termelés és fogyasztás) a veszteségek összesített mértéke. A szcenáriókban szereplő burgonyapazarlás mértékére vonatkozó kalkulációk a KSH adatbázisában fellelhető megtermelt burgonya felhasználáshoz hasonlóan, közületnek szánt-, illetve saját termelésű bontásban készültek el.

Amennyiben a háztartások a 2013-2015 gazdasági év átlagában termelt fogyasztásra szánt étkezési burgonya mennyiségének (189 447 tonna) 10%-át elpazarolják, azzal együtt 2 918 millió Ft-nak megfelelő „pénzt dobnak ki az ablakon” teljesen feleslegesen, 154 Ft-os fogyasztói átlagárral kalkulálva (4. táblázat). Ebből a pénzvesztésből 2 136 millió Ft a közületnek szánt-, 782 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya pazarlásához kapcsolódik.

### 4. táblázat

#### Az étkezési burgonya pazarlásának köszönhető becsült pénzügyi veszteség különböző szcenáriók esetén

Me.: millió Ft (6)

Megnevezés (1)	Pazarlás mértéke (2)		
	5%	10%	15%
Közületnek szánt (3)	1 068	2 136	3 203
Saját termelésű (4)	391	782	1 173
Összesen (5)	1 459	2 918	4 376

Forrás: KSH, 2013-2015c (Source: HCSO, 2013-2015c)

Table 3. The estimated financial loss owing to potato wastage in case of different scenarios

items (1); degree of waste (2); potato from public source (3); own-produced potato (4), total (5); million HUF (6)

Az étkezési burgonya pazarlásának köszönhető becsült pénzügyi veszteség becslésünk szerint elegendő lenne 154 Ft/kg átlagáron számolva közel 19 000 tonna étkezési burgonya vásárlására.

Érdekességképpen bemutatjuk, hogy a *Magyar Vöröskereszt (2014)* szociális tevékenységének keretében mintegy 253 539 főnek osztott adományt 754 413 707 Ft értékben. Az egy főre vetített adomány értéke közel 3000 Ft volt.

Kalkulációink alapján az elpazarolt pénzből 972 667 db olyan alapvető élelmiszereket tartalmazó csomagot lehetne szétosztani a rászorulóknak között, amely tartalmaz 3 kg lisztet, 3 kg kristálycukrot, 3 kg burgonyát, 3 kg vöröshagymást és 3 kg rizst.

Kalkulációinkkal rávilágítottunk arra, hogy a zöldségfélék élelmiszer alcsoporton belül az étkezési burgonya milyen fontos szerepet is tölt be mindennapjainkban. Azonban pazarlásával jelentős pénzveszteség keletkezik, melyet akár karitatív célokra is áldozhatnánk.

### Erőforrás veszteség

A továbbiakban azokat a fontosabb feleslegesen lekötött erőforrásokat (pl. földterület, víz, műtrágya, növényvédőszer, vetőgumó, gázolaj) mutatjuk be részletesen, amelyek az étkezési burgonya előállításához szorosan kapcsolódnak.

#### *Feleslegesen lekötött földterület alakulása*

Az 5. táblázatban az étkezési burgonya különböző mennyiségekben történő pazarlásával feleslegesen lekötött földterületek nagysága látható.

Az évente fogyasztásra szánt étkezési burgonya mennyisége alatt a 2013-2015-ös években fogyasztásra szánt burgonya mennyiségének átlaga értendő (23,267 tonna/ha). Évente átlagosan 189 447 tonna étkezési burgonyát fogyasztunk el, amely mintegy 8 142 hektár földterület lekötésével jár együtt. A magyar háztartások 10%-os étkezési burgonya pazarlását feltételezve, a kidobott étkezési burgonya 814 hektár burgonya földterületet köt le feleslegesen az élelmiszervertikumban.

### 5. táblázat

#### Burgonya pazarlásával lekötött földterület kalkulációja az egyes veszteségszenáriók szerint

Megnevezés (1)	Mértékegység (2)	Pazarlás mértéke (3)		
		5%	10%	15%
Közületnek szánt (4)	t	6 934	13 868	20 802
Közületnek szánt (4)	ha	298	596	894
Saját termelésű (5)	t	2 539	5 077	7 616
Saját termelésű (5)	ha	109	218	327
Összesen (6)	t	9 472	18 945	28 417
Összesen (6)	ha	407	814	1 221

*Forrás: KSH, 2013-2015a (Source: HCSO, 2013-2015a)*

Table 5. Calculation of the extent of utilized land by wasting potato on the basis of each loss scenario items (1); measurement unit (2); degree of waste (3); potato from public source (4); own-produced potato (5); total (6)

*Feleslegesen lekötött víz alakulása*

Az étkezési burgonya pazarlásával lekötött víz mennyisége a magyar háztartások 10%-os „burgonya kidobását” feltételezve több, mint 4,7 millió m<sup>3</sup> (6. táblázat).

**6. táblázat**

**Az étkezési burgonya pazarlásával lekötött víz mennyisége**

*Me.: millió m<sup>3</sup> (6)*

Megnevezés (1)	Pazarlás mértéke (2)		
	5%	10%	15%
Közületnek szánt (3)	1,73	3,47	5,20
Saját termelésű (4)	0,63	1,27	1,90
<b>Összesen (5)</b>	<b>2,36</b>	<b>4,74</b>	<b>7,10</b>

*Forrás (Source): Hoekstra, A., 2010*

Table 6. The quantity of water used by wasting potato items (1); degree of waste (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5) million m<sup>3</sup> (6)

Azt, hogy mit is jelent ez pénzértékben kifejezve, azt a következő táblázat foglalja össze (7. táblázat). A háztartások 10%-os „burgonya kidobását” feltételezve, az étkezési burgonya kommunális hulladékba kerülésével lekötött víz pénzértéke mintegy 332 millió Ft.

**7. táblázat**

**Az étkezési burgonya pazarlásával lekötött víz pénzértéke**

*Me.: millió Ft (6)*

Megnevezés (1)	Pazarlás mértéke (2)		
	5%	10%	15%
Közületnek szánt (3)	121	243	364
Saját termelésű (4)	44	89	133
<b>Összesen (5)</b>	<b>165</b>	<b>332</b>	<b>497</b>

*Forrás (Source): VTOSZ, 2012*

Table 7. The quantity of water used by wasting potato items (1); degree of waste (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5) million HUF (6)

*Feleslegesen lekötött műtrágya alakulása*

Egy átlagos, étkezési burgonya termesztési technológiát feltételezve, az alkalmazott tápanyag-gazdálkodás az alábbi műtrágyák kijuttatását feltételezi: NPK 0-10-28 és NPK 4-17-30 komplex műtrágyák, amelyeket az őszi alaptrágyázás során juttatnak ki, valamint 27%-os Pétisó, amely a tavaszi alaptrágyázáshoz szükséges.

A közületnek szánt – piacról, háztól, saját boltból megvásárolt – étkezési burgonya 10%-ának szemétként kerülésével a feleslegesen elpazarolt műtrágya pénzértékben kifejezve több, mint 98 millió Ft, míg a saját termelésű étkezési burgonya 10%-os pazarlásával felmerülő műtrágya költség közel 36 millió Ft. Ezek együttes feleslegesen elpazarolt műtrágya költsége meghaladja a 134 millió Ft-ot (8. táblázat).

**8. táblázat****Étkezési burgonyatermesztés kalkulált műtrágya ráfordításai**

Megnevezés (1)	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft) (2)
Közületnek szánt (3)	98 240
Saját termelésű (4)	35 967
<b>Összesen (5)</b>	<b>134 208</b>

Forrás: saját számítás (Source: own calculation)

Table 8. Artificial fertilizers costs in potato production items (1); material costs (thousand HUF) (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5)

*Feleslegesen lekötött növényvédőszer alakulása*

Étkezési burgonyatermelés révén a termesztéstechnológia intenzív növényvédelmi munkálatok elvégzését kívánja meg. Az általunk alapul vett termesztéstechnológiában Force (talajlakó kártevők ellen), Arcade (gyom ellen), Actara (burgonyabogár és levéltetvek ellen), valamint Bravo 500 (gomba ellen) kijuttatására kerül sor.

A közületnek szánt – piacról, háztól, saját boltból megvásárolt – étkezési burgonya 10%-ának „kidobásával” a feleslegesen elpazarolt növényvédőszer pénzértékben kifejezett értéke közel 29,5 millió Ft, míg a saját termelésű étkezési burgonya 10%-os pazarlásával felmerülő növényvédőszer költség közel 10,8 millió Ft. Ezek együttes feleslegesen elpazarolt növényvédőszer költsége meghaladja a 40 millió Ft-ot (9. táblázat).

**9. táblázat****Étkezési burgonyatermesztés kalkulált növényvédőszer ráfordításai**

Megnevezés (1)	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft) (2)
Közületnek szánt (3)	29 480
Saját termelésű (4)	10 793
<b>Összesen (5)</b>	<b>40 273</b>

Forrás: saját számítás (Source: own calculation)

Table 9. Calculated pesticides costs in potato production items (1); material costs (thousand HUF) (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5)

*Feleslegesen lekötött vetőgumó alakulása*

A közületnek szánt – piacról, háztól, saját boltból megvásárolt – étkezési burgonya 10%-ának „kidobásával” a feleslegesen elpazarolt vetőburgonya pénzértékben kifejezett értéke közel 231 millió Ft, míg a saját termelésű étkezési burgonya 10%-os pazarlásával felmerülő vetőburgonya költség közel 85 millió Ft. Ezek együttes feleslegesen elpazarolt vetőburgonya költsége közel 316 millió Ft-ot (10. táblázat).



**10. táblázat**

**Étkezési burgonyatermesztés kalkulált vetőgumó ráfordítása**

Megnevezés (1)	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft) (2)
Közületnek szánt (3)	230 962
Saját termelésű (4)	84 557
<b>Összesen (5)</b>	<b>315 519</b>

*Forrás: saját számítás (Source: own calculation)*

Table 10. Calculated seed potato costs in potato production items (1); material costs (thousand HUF) (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5)

*A mezőgazdasági munkákhoz kapcsolódóan feleslegesen lekötött gázolaj mennyisége és értéke*

Az étkezési burgonyatermelés munkaműveleteinek elvégzéséhez átlagosan 100 liter gázolajra van szükség hektáronként. A megvásárolt-, és megtermelt étkezési burgonya 10%-ának kommunális hulladékba kerülésével a lekötött gázolaj mennyisége 81 400 liter, melynek pénzürtéke meghaladja a 33 millió Ft-ot (11. táblázat).

**11. táblázat**

**Az étkezési burgonyatermesztés kalkulált gázolaj ráfordításai**

Megnevezés (1)	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft) (2)
Közületnek szánt (3)	24 257
Saját termelésű (4)	8 873
<b>Összesen (5)</b>	<b>33 130</b>

*Forrás: saját számítás (Source: own calculation)*

Table 11. Calculated fuel oil costs in potato production items (1); material costs (thousand HUF) (2); potato from public source (3); own-produced potato (4); total (5)

*Feleslegesen lekötött erőforrások alakulása*

Az étkezési burgonya 10%-ának „szemétkébe dobásával” az alábbi veszteségek merülnek fel az anyagjellegű ráfordításokat illetően:

- Az öntözővíz pénzürtéke 332 millió Ft, melyből 243 a közületnek szánt-, 89 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya előállításánál merül fel.
- A műtrágya pénzürtéke 134 millió Ft, melyből 98 millió Ft a közületnek szánt-, 36 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya termelése során merül fel.
- A növényvédőszer pénzürtéke 40 millió Ft, melyből 29 millió Ft a közületnek szánt-, 11 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya előállításánál merül fel.
- A vetőgumó pénzürtéke 316 millió Ft, melyből 231 millió Ft a közületnek szánt-, 85 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya előállításánál merül fel.
- A gázolaj pénzürtéke 33 millió Ft, melyből mintegy 24 millió Ft a közületnek szánt-, 9 millió Ft pedig a saját termelésű étkezési burgonya termelése során merül fel.
- Az étkezési burgonya előállításához kapcsolódó összes anyagjellegű ráfordítás pénzürtéke 855 millió Ft-nak felel meg.

Az étkezési burgonya kalkulált anyagjellegű ráfordításait tekintve a veszteségek összesített mértékének 73%-a a termelői oldalon (közületi), a maradék 27%-a pedig a fogyasztói oldalon (saját termelés és fogyasztás) merül fel (12. táblázat).

## 12. táblázat

### Az étkezési burgonya kalkulált anyagjellegű ráfordításai

Megnevezés (1)	Anyagjellegű ráfordítások (ezer Ft/ha) (2)
<b>Közületnek szánt (3)</b>	
Öntözővíz (4)	243 000
Műtrágya (5)	230 962
Növényvédőszer (6)	98 240
Vetőgumó (7)	29 480
Gázolaj (8)	24 257
<b>Összesen (9)</b>	<b>625 939</b>
<b>Saját termelésű (10)</b>	
Öntözővíz (4)	89 000
Műtrágya (5)	84 557
Növényvédőszer (6)	35 967
Vetőgumó (7)	10 793
Gázolaj (8)	8 873
<b>Összesen (9)</b>	<b>229 190</b>
<b>Összesen (9)</b>	
Öntözővíz (4)	332 000
Műtrágya (5)	315 519
Növényvédőszer (6)	134 208
Vetőgumó (7)	40 273
Gázolaj (8)	33 130
<b>Összesen (9)</b>	<b>855 130</b>

Forrás: saját számítás (Source: own calculation)

Table 12. Calculated tangible expenditures of potato items (1); material costs (thousand HUF) (2); potato from public source (3); water (4), artificial fertilizers (5); pesticides (6); seed potato (7); fuel oil (8); total (9); own-produced potato (10)

Összegezve a fent írtakat, az étkezési burgonya szemétkébe kerülése a jelentős pénzügyi veszteségen túl, – mind naturáliában, mind pénzértékben – jelentős erőforrás-lekötést eredményez.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az egy főre jutó átlagos éves élelmiszerkiadás tükrében – amely a KSH szerint 199 000 Ft – megállapítható, hogy a zöldségek nem elhanyagolható szerepet töltenek be mindennapi étkezésünk során, hiszen az egy főre vetített éves élelmiszer-kiadásból több, mint 20 000 Ft-ot költünk vásárlásukra. Továbbá az is elmondható, hogy a zöldség élelmiszer-alcsoporton belül az étkezési burgonya aránya a legnagyobb, amely meghaladja a 20%-ot. Az egy főre jutó éves étkezési burgonyakiadás több, mint 4,6 ezer Ft-tal növeli élelmiszer-kiadásainkat.

Hazánkban évente átlagosan mintegy 189 450 tonna étkezési burgonyát fogyasztunk el, melynek 10%-os pazarlásával, illetve kidobásával mintegy 2 918 millió forintnak megfelelő komplex pénzügyi veszteség keletkezik. Ebből a pénzből 972 667 rászoruló embernek adományozhatnánk egy 3 000 Ft értékű, alapvető élelmiszereket tartalmazó élelmiszercsomagot.

Amennyiben a fogyasztásra szánt étkezési burgonya 10%-a kommunális hulladékba kerül, azzal együtt 814 hektár földterületet kötünk le feleslegesen az élelmiszervertikumban. Ebből a közületnek szánt étkezési burgonya pazarlásához 596 hektár, míg a saját termelésű étkezési burgonya pazarlásához 218 hektár földterület kapcsolódik.

Összességében elmondható, hogy agroökonómiai megközelítésben az étkezési burgonya pazarlása a nagymértékű pénzügyi veszteségen túl, – mind naturáliában, mind pénzértékben – jelentős felesleges erőforrás-lekötéssel jár együtt a vizsgált erőforrások mindegyike esetében (öntözővíz, műtrágya, növényvédőszer, vetőgumó, gázolaj).

## IRODALOMJEGYZÉK

Anthera Kft. (2016) :

[http://www.anthera.hu/images/arjegyzek/2016\\_tavasz\\_novszer\\_arlista.pdf](http://www.anthera.hu/images/arjegyzek/2016_tavasz_novszer_arlista.pdf) letöltés: 2016.05.28.

Bánáti, D. (2006): Agricultural ethics. Editorial. Acta Alimentaria, 35 (2), 149-151.

Biofilter Környezetvédelmi Zrt. (2017): Étkezési hulladék begyűjtés.

<http://biofilter.hu/etkezesi-hulladek-begyujtes/> letöltés: 2017.11.17.

Borbély, Cs. (2014): Az élelmiszerpazarlás kérdése. Holstein Magazin, XXII. évf. 4. sz./2014.

Császár, L. (2014): Az élelmiszer-pazarlás prioritást élvező probléma. Megtartották az Élelmiszer Érték Fórumot. Élelmiszer, XXII. évf. 10. sz./2014.

Császár, L. (2015): Új utak az élelmiszermelésben. Élelmiszer, XXIII. évf. 10. sz./2015

Ecolounge (2016): Európai hulladékcsökkentési hét. <http://ecolounge.hu/nagyvilag/tobbet-esszel-mint-csomagolással-a-gyakorlatban-megkezdodott-az-europai-hulladekcsokkentesi-het> letöltés: 2016.11.29.

Európai Bizottság (2011): Az EU elindult az „újrahasznosító társadalommá válás” útján, de még számos területen van szükség előrelépésre. European Commission, Brüsszel, 2011.01.19.

European Commission (2016): Estimates of European food waste levels. <https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf> letöltés: 2017.01.14.

FAO (2011): Global food losses and food waste.

<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf> letöltés: 2016.05.28.

FAO (2014): <https://www.potatopro.com/world/potato-statistics> letöltés: 2017.11.17.

FAO (2015):

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/The\\_EU\\_potato\\_sector\\_-\\_statistics\\_on\\_production,\\_prices\\_and\\_trade](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/The_EU_potato_sector_-_statistics_on_production,_prices_and_trade) letöltés: 2017.11.17.

FAO (2016a): Number of undernourished/starving people worldwide from 1990 to 2015 (in millions). <http://www.statista.com/statistics/264900/number-of-undernourished-starving-people-worldwide/> letöltés: 2016.05.28.

FAO (2016b): Make #NotWasting a way of life.

<http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/414385/> letöltés: 2016.11.29.

Földművelésügyi Minisztérium (2006): 75/2002. (VIII.16.) FVM rendelet klasszikus sertéspestis elleni védekezésről. [http://www.haccp.hu/data/200611/04\\_rendeletek.pdf](http://www.haccp.hu/data/200611/04_rendeletek.pdf) letöltés: 2017.11.17.

Genezis (2016): [http://www.genezispartner.hu/wp-content/uploads/2016/08/Burgonya\\_kiadvany\\_A5.pdf](http://www.genezispartner.hu/wp-content/uploads/2016/08/Burgonya_kiadvany_A5.pdf) letöltés: 2016. 05. 28.

Hoekstra, A. (2010): The waterfootprint: water in the supply chain – Water Footprint Network. Email practice – focus on water, The Environmentalist, 01.03.2010., issue 93.

- KSH (2013-2015a): A fontosabb szántóföldi növények termesztése és felhasználása. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn002a.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn002a.html) letöltés: 2017.11.17.
- KSH (2013-2015b): Egyes termékek és szolgáltatások éves fogyasztói átlagára. [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_qlf003b.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qlf003b.html) 2016.05.28.
- KSH (2013-2015c): Az egy főre jutó éves kiadások részletezése. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_zhc021a.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zhc021a.html) letöltés: 2017.11.17.
- KSH (2015b): A fontosabb szántóföldi növények termesztése és felhasználása. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_omn002a.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn002a.html) letöltés: 2017.11.17.
- KSH (2016a): Az egy főre jutó éves élelmiszer-fogyasztás mennyisége. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_zhc023a.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zhc023a.html) letöltés: 2017.11.17.
- Magyar Élelmiszerbank Egyesület (2015a): Amiből sokan jóllakhatnak. [http://www.elelmiszerbank.hu/elelmiszerbank\\_szja\\_201503\\_LT.html](http://www.elelmiszerbank.hu/elelmiszerbank_szja_201503_LT.html) letöltés: 2016.06.02.
- Magyar Élelmiszerbank Egyesület (2015b): Élelmiszerbank a nagyvilágban. [http://www.elelmiszerbank.hu/hu/kik\\_vagyunk/elelmiszerbank\\_a\\_nagyvilagban.html#Wg8\\_rUribIV](http://www.elelmiszerbank.hu/hu/kik_vagyunk/elelmiszerbank_a_nagyvilagban.html#Wg8_rUribIV) letöltés: 2017.11.17.
- Magyar Élelmiszerbank Egyesület (2015c): Élelmiszerbank Magyarországon. [http://www.elelmiszerbank.hu/hu/kik\\_vagyunk/elelmiszerbank\\_magyarorszagon.html#WDhq2vnhDIU](http://www.elelmiszerbank.hu/hu/kik_vagyunk/elelmiszerbank_magyarorszagon.html#WDhq2vnhDIU) letöltés: 2017.11.17.
- Magyar Kormány (2016): A háztartások évente 100 milliárd forint értékű élelmiszert dobnak ki. <http://www.kormany.hu/hu/foldmuvelesugyi-miniszterium/elelmiszerlanc-felugyeletert-felelos-allamtitkarsag/hirek/a-haztartasok-evente-100-milliard-forint-erteku-elelmiszert-dobnak-ki> letöltés: 2016.11.24.
- Magyar Vöröskereszt (2014): Szociális segítségnyújtás. <http://www.voroskereszt.hu/szocialis-segitsegnyujtas.html> letöltés: 2016.06.02.
- Marketinginfo (2015): Tetra-Pak: 42%-unk élelmiszerpazarló. [http://www.marketinginfo.hu/hirek/article.php?id=37962&referer\\_id=rss](http://www.marketinginfo.hu/hirek/article.php?id=37962&referer_id=rss) letöltés: 2017.02.07.
- NAV (2013-2015): 2013-ban, 2014-ben, 2015-ben alkalmazott üzemanyagárak. <https://www.nav.gov.hu/search/searchresults?query=%C3%BCzemanyag%C3%A1rak> letöltés: 2016.05.28.
- Parfitt, J. – Barthel, M. – Macnaughton, S. (2010): Food Waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554), 3065-3081.
- Schneider, F. (2008): Wasting Food – An Insistent Behaviour. In: Edmonton Waste Management Centre of Excellence (Hrsg.), *Waste – The Social Context '08 Urban Issues & Solutions*. International conference, 11-15 May 2008, Edmonton, Alberta, Canada.
- Szabó, G. (2017): A ropi egyeduralmától a chipsig. <http://szupermenta.hu/a-ropi-egyeduralmatol-a-chipsig/> letöltés: 2017.12.06.
- Termelőtől (2013): A burgonya gyógyhatásai. <https://www.termelotol.hu/hirek/burgonya-gyogyhatasai> letöltés: 2017.03.08.
- VTOSZ (2012): Az öntözővíz ára és a vízkészlet. [http://www.tir.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=932:az-oentoezviz-ara-es-a-vizkeszlet-oentoezhetuenk-e-tarozokbol&catid=40:szoevetseg-hirei&Itemid=89](http://www.tir.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=932:az-oentoezviz-ara-es-a-vizkeszlet-oentoezhetuenk-e-tarozokbol&catid=40:szoevetseg-hirei&Itemid=89) letöltés: 2016.06.02.
- WRAP (2008): The food we waste. Food Waste Report. Waste and Resources Action Programme.

Zentai, J. (2013): Élelmiszeripari melléktermék és hulladék feldolgozási technológiák áttekintése. <http://www.tqconsulting.hu/elelmiszeripari-mellektermek-es-hulladek-feldolgozasi-technologiak-attekintese> letöltés: 2016.05.28.

Levelezési cím (corresponding author):

**Hubert Klára**

Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar  
4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.  
University of Debrecen, Faculty of Economic Sciences  
H-4032 Debrecen, Böszörményi Str. 138.  
Tel.: +36-52-508-444/86902; +36-20-957-16-03  
e-mail: hubert.klara@econ.unideb.hu