



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

A csomagolóanyagok és a csomagolás jelentősége az élelmiszerek mikrobiológiai minőségének megőrzésében*

* Elhangzott „Az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagok vizsgálata” c. konferencián 2015.10. 01.

1. Összefoglalás

A csomagolásnak fontos szerepe van az előállított élelmiszerek jó minőségének biztosításában, illetve azok egyre hosszabb ideig való megőrzésében. A modern élelmiszer-csomagolóanyagokkal szemben támasztott minőségi követelmények évről-évre folyamatosan nőnek. A csomagolással szembeni igények mikrobiológiai szempontból, hogy nyújtsanak védelmet a mikrobiológiai romlás és a környezet mikrobiológiai szennyezése ellen, akadályozzák meg az élelmiszer kórokozó és romlást okozó mikroorganizmusokkal való utószennyeződését, végül, de nem utolsósorban fontos, hogy a csomagolóanyag ne legyen mikroorganizmusok hordozója.

A csomagolóanyagoknak biztosítaniuk kell a bennük található élelmiszerek számára a megfelelő páratartalmat és/vagy gázösszetételt (megfelelő áteresztőképességet), a mikrobiológiai korrózió megelőzését, a tartósító eljárásoknak és az anyagmozgatásnak való ellenállást, a termékben lévő mikroorganizmusok szaporodásának gátlását és a vásárlók hiteles tájékoztatását a csomagolt élelmiszer minőségéről és mennyiségéről, valamint a fogyaszthatósági, illetve minőségmegőrzési idejéről.

Környezetvédelmi szempontból követelmény továbbá az is, hogy az újra nem hasznosítható csomagolóanyagok biológiailag lebonthatóak legyenek. A lebontásban szintén jelentős szerep jut a mikroorganizmusoknak.

A csomagolás hatására megváltozik az élelmiszer mikroökológiai környezete, ami jelentős mértékben befolyásolja az élelmiszer mikrobatársulását, ennek megfelelően mind a minőségi, mind az élelmiszer-biztonsági paramétereket, ezzel befolyásolja a minőségmegőrzési időtartamot. A mikrobaszaporodáshoz szükséges környezeti tényezők (vízaktivitás, pH, rH, °C) megváltoztatása ugyanis a szaporodás lelassulásához vagy megszűnéséhez vezethet.

Dolgozatommal a csomagolás és csomagolóanyagok mikrobiológiai hatásaira szándékozom felhívni a figyelmet. Mottóként Szent-Györgyi Albert szavait idézem:

„A levegő tisztasága, nedvességtartalma és hőmérséklete, a zaj és az izgalom, a fizikai munka mennyisége mind igen fontosak. De környezetünkkel való kapcsolatunkban az egyik legalapvetőbb tényező az étel, mivel környezetünk az ételek formájában hatol be szervezetünkbe a legközvetlenebbül.”

¹ Okleveles vegyész-mérnök, élelmiszer-mikrobiológiai szakértő, www.gmp.tabajdi.eu

¹ Certified chemical engineer, food microbiology expert, www.gmp.tabajdi.eu

2. Bevezetés

A világon megtermelt élelmiszerek 30%-át kidobjuk, így évente 1,3 millió tonna élelmiszer kerül a szemétkosárba. A FAO adatai szerint 1 milliárd éhező van a világon, pedig a kidobott ételből akár 3 milliárd ember számára is biztosítható lenne a napi élelmiszerszükséglet. A WHO becslése szerint az élelmiszer-fogyasztással összefüggésbe hozható megbetegedések száma folyamatosan emelkedik, az iparilag fejlett országokban is a lakosság 10-30%-át érinti évente [2].

Az élelmiszerekkel szemben támasztott legfontosabb követelmények alapján azoknak az egészségre ártalmatlannak, jó minőségűnek (kiváló érzékszervi tulajdonság, megfelelő beltartalmi érték) és gazdaságosan előállíthatónak kell lenniük. E követelmények és az élelmiszerek mikrobiológiai állapota között szoros összefüggés van. Élelmiszereink és azok alapanyagai nemcsak az ember, hanem a mikroorganizmusok számára is tápanyagot szolgálnak. A mikrobák az élelmiszer-minőség fontos részesei ugyanis, mint azok hasznos létrehozói a különböző biotechnológiai folyamatokban, de úgyis, mint azok romlásának okozói, vagy biztonságának veszélyeztetői. Ez utóbbiak az élelmiszerek szinte valamennyi minőségi jellemzőjét befolyásolják, a közvetlenül érzékelhető külső (szín, illat, íz, állag) és a rejtett belső (összetétel, tápérték, toxikológia) tulajdonságokat egyaránt.

A káros kórokozó és romlást okozó mikroorganizmusok veszélyeztethetik az élelmiszer-biztonságot és a romlásmentes eltarthatóságot a nyersanyagtól kezdve a feldolgozás, forgalmazás teljes vertikumában, a szántóföldtől az asztalig.

Az élelmiszerek megfelelő mikrobiológiai állapotának, így az élelmiszerbiztonsági és a romlásmentes eltarthatóságának való megfelelés új kihívások elé állította az élelmiszer-mikrobiológusokat is. Az utóbbi ötven évben élelmiszer-ellátásunk, szokásaink többet változtak, mint előtte évezredek alatt.

Az élelmiszereket tömegtermeléssel állítják elő, iparszerűvé vált az állattenyésztés és a növénytermesztés, valamint a vízellátást is központosították. Így egy fel nem ismert szennyezés, vagy fertőzés bekövetkezésekor rövid idő alatt nagy gazdasági veszteség és egészségügyi kockázat keletkezhet.

A globalizáció, a nemzetközi kereskedelemben az áruk szabad áramlása, a turizmus fejlődése fokozódó mikrobás terhelést, jelentős mikrobaforgalmat is eredményez. Adott területen addig nem honos mikrobák, mikrobacsoportok jelenhetnek meg, amelyek mind egészségügyi, mind minőségi problémákat vehetnek fel [2].

Az egészséges táplálkozási igény (törekvés az erős fizikai behatások mérséklésére és a felhasznált kémiai tartósítószer csökkentésére, valamint új

nyersanyagok megjelenése), a stresszes életmód, az egész napos aktivitás hatására kialakuló új táplálkozási szokások (heti bevásárlás, nincs igazi friss áru az asztalon) kialakulása új kihívást jelent az élelmiszerpiacon.

A fokozódó igény a feldolgozottsági fok növelésére is egyre kiterjedtebb veszélyforrást jelent.

Immunrendszerünk gyengülése tapasztalható, miközben a kórokozók virulenciája, patogenitása egyre növekszik. Az új kereskedelmi formák, ugyanakkor egyre hosszabb minőségmegőrzési időtartamot követelnek.

Mindezek a hatások szemléletváltásra sarkallták az elsődleges felelősséggel bíró élelmiszer-előállítókat: új tartósítási technológiák, új csomagolási eljárások bevezetése válik egyre inkább szükségessé.

3. A csomagolás és a csomagolóanyagok mikrobiológiai megítélése

A mikrobiológiai eredetű romlásokat, és az egészségügyi kockázatok jelentős részét az élelmiszerekben lévő, vagy oda kerülő káros mikroorganizmusok elszaporodása okozza. Élettevékenységük során az élelmiszerekben lévő fehérjék, szénhidrátok, zsírok lebomlanak, miközben kellemetlen íz, aroma, esetleg toxikus anyagok keletkeznek.

Mikrobiológiai szempontból a csomagolással szembeni követelmények: nyújtsanak védelmet a mikrobiológiai romlás és a környezet mikrobiológiai szennyezése ellen, akadályozzák meg az élelmiszer kórokozó és romlást okozó mikroorganizmusokkal való utószennyeződését, valamint elvárás az is, hogy a csomagolóanyag ne legyen mikroorganizmusok hordozója.

Biztosítaniuk kell a helyes páratartalmat és/vagy gázösszetételt (megfelelő áteresztőképességet), a mikrobiológiai korrózió megelőzését, a tartósító eljárásoknak és az anyagmozgatásnak való ellenállást, a termékben lévő mikroorganizmusok szaporodásának gátlását és a hiteles tájékoztatást.

Fontos, hogy a környezet védelme érdekében az újra nem hasznosítható csomagolóanyagok biológiailag lebomlóak legyenek. A lebontást elsődlegesen mikroorganizmusok végzik.

A csomagolás hatására az élelmiszer mikroökológiai környezete megváltozik, amely jelentős mértékben befolyásolja az élelmiszer mikrobatarátulását - úgy a minőségi, mint az élelmiszer-biztonsági jellemzőket-, ennek megfelelően a minőségmegőrzési időtartamot. A mikrobaszaporodáshoz szükséges környezeti tényezők (vízaktivitás, pH, rH, °C) megváltoztatása ugyanis a szaporodás lelassulását, esetenként megszüntetését okozhatja [3].

The significance of packaging materials and packaging in preserving microbiological food quality*

*Presented at the conference titled „Analysis of food contact materials”, October 01, 2015.

dr. Veronika Hedvig Tabajdi-Pintér¹

1. Summary

Packaging plays an important role in ensuring the high quality of foods produced, and also in maintaining it for longer and longer times. Quality requirements for modern food packaging materials are increasing continuously, year by year. The requirements for packaging, in terms of microbiology, are the following: they should provide protection against microbiological spoilage and microbiological contamination of the environment, prevent contamination of the food by pathogenic and spoilage microorganisms and, last, but not least, it is important for packaging materials not to be carriers of microorganisms.

For the foods contained in them, packaging materials have to ensure the right humidity and/or gas composition (right permeability), prevention of microbiological corrosion, resistance to preservation procedures and material handling, inhibition of the proliferation of the microorganisms found in the product, and credible information of consumers about the quality and quantity of the packaged food, as well as its date of minimum durability or use-by-date.

From an environmental protection point of view, it is a further requirement for non-recyclable packaging materials to be biodegradable. Microorganisms also play a significant role in the decomposition.

As a result of packaging, the microecological environment of the food changes, having a significant impact on the bacterial population of the food and, accordingly, both quality and food safety parameters, thus affecting the date of minimum durability. It is because changing the environmental factors necessary for microbial propagation (water activity, pH, rH, °C) can lead to the slowing down or ceasing of the propagation.

With my paper, I would like to draw attention to the microbiological effects of packaging and packaging materials. As a motto, let me quote Albert Szent-Györgyi:

„The cleanliness of air, its moisture content and temperature, noise and excitement, the amount of physical work are all very important. But, in our relationship with our environment, one of the most fundamental factors is food, because our environment enters our bodies most directly in the form of foods.”

2. Introduction

30% of the food produced worldwide is discarded, so 1.3 million tons of food ends up in the trash annually. According to FAO data, there are 1 billion people starving in the world, even though the discarded food could satisfy the daily food needs of up to 3 billion people. The WHO estimates that the number of illnesses related to food consumption increases continuously, and it affects 10 to 30% of the population annually even in industrialized countries [2].

According to the most important requirements for foods, they should be harmless, of good quality (excellent sensory characteristics, adequate nutritional value) and eco-

nomically producible. There is a strong correlation between these requirements and the microbiological state of foods. Our foods and their raw materials serve as nutrients not only for humans, but also for microorganisms. Microbes are important players in food quality, not only as its useful producers in a variety of biotechnological processes, but also as causes of spoilage and threats to safety. The latter ones affect almost all quality characteristics of foods, directly perceivable external properties (color, odor, flavor, texture), as well as hidden internal ones (composition, nutritional value, toxicology).

Harmful pathogenic and spoilage microorganisms can endanger food safety and spoilage-free shelf-life, from raw materials, across the whole spectrum of processing and distribution, from farm to fork.

Compliance with the requirements for the appropriate microbiological state of foods, and so food safety and spoilage-free shelf-life presented new challenges to food microbiologists as well. Our food supply and our habits have changed more over the last fifty years than in thousands of years before.

Foods are manufactured by mass production, livestock breeding and crop production have become industrialized, and water supply has been centralized. Thus, in case of an undetected contamination or infection, a great economic loss and health risk can occur in a short time.

Globalization, the free movement of goods in international trade and the development of tourism result in an increasing microbial load and a significant microbial traffic. Microbes and microbe groups that are not indigenous in the area may appear in certain places, presenting both health and quality problems [2].

The need for a healthy diet (the tendency to reduce strong physical impacts and the use of chemical preservatives, and also the appearance of new raw materials), stressful lifestyle and the development of new dietary habits due to all-day activity (weekly shopping, no real fresh food on the table) all present a challenge in the food market.

The increasing demand for a higher degree of processing is an increasingly widespread source of danger as well.

Our immune systems grow weaker, while the virulence and pathogenicity of pathogens are increasing. However, new forms of commerce require longer and longer periods of minimum durability.

All these effects prompted a change in approach in food producers bearing the primary responsibility: the introduction of new preservation technologies and new packaging methods is becoming more and more necessary.

3. Microbiological assessment of packaging and packaging materials

Spoilages of *microbiological origin* and a significant portion of health risks are caused by the proliferation of harmful microorganisms that are either in the foods or enter them. During their living activities, proteins, carbohydrates and fats that are in the foods are broken down, while unpleasant flavor, aroma and possibly toxic substances are produced.

Requirements for packaging, from a microbiological point of view: they should provide protection against microbiological spoilage and microbiological contamination of the environment, prevent contamination of the food by pathogenic and spoilage microorganisms and it is also an expectation for packaging materials not to be carriers of microorganisms.

3.1. A szennyeződés megakadályozása

Az élelmiszerek utószennyeződésének megakadályozása olyan mikrostruktúrával rendelkező csomagolóanyaggal érhető el, amely a mikroorganizmusok behatolását, mint mikrobaszűrő lehetetlenné teszi. Ugyanakkor azt is biztosítani kell, hogy maga az élelmiszer ne szennyezze a környezetet kórokozó mikroorganizmusokkal.

A csomagolóanyag sem lehet mikroorganizmusok hordozója, és nem szennyeződhet a felhasználás előtt, például a szállítás, raktározás során. A csomagolóanyagok zömét kitevő műanyagok gyártási folyamatai során a spórák kivételével a mikroorganizmusok elpusztulnak. A szennyeződés a csomagolóanyag kikészítése során jöhet létre, mikor az levegővel, vízzel festékkel stb. érintkezik. A mikroorganizmusok megtelepedését a száros, piszkos kéz, maga a csomagolási művelet segítheti elő, de a szennyeződést a raktári kártevők, általában a nem megfelelő tárolási körülmények is előidézhetik, amikor gyakran éppen a „helyi mikrobiota” telepszik meg a csomagolóanyagok felületén. Az ilyen módon szennyeződött csomagolóanyag a belesomagolt termék romlását eredményezheti. A csomagolóanyagok utólagos mikrobiológiai szennyeződése bizonyos mértékben csaknem elkerülhetetlen, de a szennyező mikrobiota összetétele és száma mind minőségi, mind élelmezés-egészségügyi szempontból nagyon lényeges. A csomagolóanyagokat szennyező mikrobiota összetétele és száma meg kell, hogy feleljen a vonatkozó – jelenleg a 4/1998 EüM rendeletben előírt határértékeknek. A termék minőségi kockázata szempontjából természetesen az is lényeges, hogy romlást okozó mikroorganizmusok se kerüljenek a csomagolóanyaggal az élelmiszerekbe. Mikrobiológiai hibaok/okozat elemzéskor, üzemellenőrző fázisvizsgálatok végzésekor, HACCP rendszerek validálásakor ezeket a szempontokat is figyelembe kell venni.

3.2. Megfelelő áteresztőképesség biztosítása

A csomagolóanyagok fejlesztésének egyik fő célja a záró tulajdonságok optimalizálása. Ezek közül mikrobiológiai szempontból a helyes páratartalom és a megfelelő gázösszetétel biztosítása a legfontosabb.

3.2.1. A helyes páratartalom biztosítása

A mikroorganizmusok szaporodási feltételei 0,65 vízáktivítási érték alatt megszűnnek. A csomagolóanyagnak az áteresztőképessége révén tehát meg kell akadályoznia, hogy a termék vízáktivitása úgy változzon meg, hogy lehetővé váljék a mikroorganizmusok (romlást okozó és/vagy patogén mikrobák) szaporodása.

Az alacsony vízáktivitású élelmiszerek esetében a nagy vízáteresztő csomagolás eredményeként jelentős víztartalom-növekedés következhet be a környezetből bejutó víz hatására, ami kedvez a romlást okozó mikrobák elszaporodásának.

Az alacsony víztartalmú élelmiszerek esetén a vízáktivitás növekedhet vízgőzt át nem eresztő csomagolás esetén is hőmérsékletingadozás hatására bekövetkező belső páralecsapódás következtében (pl. nem kellően lehűtött termék csomagolását követő hőmérséklet csökkenés után).

A magas vízáktivitású élelmiszerek esetében a nagy vízáteresztő csomagolás eredményeként jelentős víztartalom-csökkenés következhet be, amely felületi száradást eredményez.

A magas víztartalmú élelmiszereknél a vízgőzt át nem eresztő csomagolás esetén a felületen történő kezdeti mikroba szaporodást követően anaerob viszonyok alakulnak ki, amely hatására megváltozik a mikrobiota összetétele (pl. felületi nyálkásodás helyett anaerob rothadás következik be.).

3.2.2. A megfelelő vákuum és gázösszetétel biztosítása

A vákuum- és védőgáz csomagolások lehetőséget nyújtanak az élelmiszerek minőségmegőrzési időtartamának jelentős növelésére azáltal, hogy a romlást vagy minőségcsökkenést okozó kémiai és biológiai folyamatokat gátolják, illetve késleltetik.

A vákuumcsomagolással a minőségromlás jelentősen lassítható az oxigén mennyiségének csökkentésével, ezáltal az aerob mikroorganizmusok szaporodásának gátlásával.

Módosított mikroklímájú (MAP) vagy más néven védőgáz csomagolás esetén a levegő megfelelő összetételű védőgázzal való helyettesítésével mind az aerob, mind az anaerob baktériumok tevékenysége megszüntethető. Védőgázként széndioxidot, nitrogént, oxigént és széndioxidot, illetve gázkeverékeket használnak [3].

A nagy gázáteresztőképességű csomagolóanyag eredményeként a MAP gázösszetétele megváltozik, a vákuum megszűnik, így a csomagolóanyag szaporodást gátló hatása csökken.

A gázzáró csomagolás esetén a MAP gázösszetétele csak a mikroba szaporodás következtében változik, így a vákuumcsomagolás hatásos marad A MAP hatására az élelmiszer mikroökológiai környezete jelentősen megváltozik..

A csomagolásnak célszerűen olyannak kell lennie, hogy az áruk gépesített mozgatását, rakodását és az automatizált, számítógéppel irányított tárolást is lehetővé tegye. A MAP ilyen szempontból, kiemelt figyelmet igényel mivel ez a csomagolási mód nagy térfogatú gáz csomagolásával is együttjár.

A csomagolási technológia hatása például a húspari termékekben előforduló mikroorganizmusokra vonatkozóan a következő:

They have to ensure the right humidity and/or gas composition (right permeability), prevention of microbiological corrosion, resistance to preservation procedures and material handling, inhibition of the proliferation of the microorganisms found in the product, and credible information.

For the protection of the environment it is important for non-recyclable packaging materials to be biodegradable. Decomposition is primarily performed by microorganisms.

As a result of packaging, the microecological environment of the food changes, having a significant impact on the bacterial population of the food and, accordingly, both quality and food safety parameters, thus affecting the date of minimum durability. It is because changing the environmental factors necessary for microbial propagation (water activity, pH, rH, °C) can lead to the slowing down or ceasing of the propagation [3].

3.1. Preventing contamination

Contamination of foods can be prevented by a packaging material with a microstructure that makes penetration by microorganisms impossible, by acting as a microbe filter. At the same time, it must also be ensured that the food itself does not contaminate the environment by pathogenic microorganisms.

The packaging material cannot be a carrier of microorganisms, and it cannot become contaminated before use, for example, during transport or storage. During the manufacturing process of plastics, representing most of the packaging materials, microorganisms are destroyed, with the exception of spores. Contamination can occur during the preparation of the packaging material when it comes into contact with air, water, dye, etc. Colonization by microorganisms is facilitated by greasy, dirty hands, or by the packaging operation itself, but contamination can also be caused by pests in the warehouse and, in general, inadequate storage conditions, which often means that the „local microbiota” colonizes the surface of the packaging materials. The packaging material thus contaminated can cause the spoilage of the product packaged in it. Subsequent microbiological contamination of packaging materials is almost unavoidable, to a certain extent, but the composition and number of the contaminating microbiota is extremely significant, both from a quality and a food health point of view. The composition and number of the microbiota contaminating the packaging material has to comply with the limit values prescribed by the relevant regulation, which is currently EüM decree 4/1998. Of course, it is also important from the quality risk point of view of the product that spoilage microorganisms do not enter foods with the packaging material. These aspects have to be taken into consideration during microbiological cause/effect analyses, plant control phase investigations and during the validation of HACCP systems.

3.2. Ensuring adequate permeability

One of the major goals of packaging material development is the optimization of barrier properties. Of these, ensuring the right humidity and adequate gas composition are the most important from a microbiological point of view.

3.2.1. Ensuring the right humidity

The conditions for the propagation of microorganisms cease to exist below a water activity value of 0.65. So the packaging material has to prevent, through its permeability, changes in the water activity of the product which would enable the propagation of microorganisms (spoilage and/or pathogenic microbes.).

In the case of foods with low water activity, the water content can increase significantly as a result of packaging with high water permeability, due to water entering from the environment, which is conducive to the propagation of spoilage bacteria.

For low water-content foods, the water activity can increase even in the case of packaging that is not permeable to water vapor due to internal vapor condensation caused by a fluctuation in temperature (e.g., after a drop in temperature following the packaging of a product that had not been cooled properly).

For foods with high water activity, a significant decrease in water content can occur in the case of packaging with high water permeability, resulting in surface drying.

For high water-content foods, in the case of packaging not permeable to water vapor, after the initial microbial propagation on the surface, anaerobic conditions develop, as a result of which the composition of the microbiota changes (e.g., instead of surface sliming, anaerobic rotting occurs).

3.2.2. Ensuring adequate vacuum and gas composition

Vacuum or modified atmosphere packaging offer a possibility to extend the period of durability of foods by inhibiting or delaying chemical and biological processes that cause spoilage or deterioration of quality.

Vacuum packaging can significantly slow down quality deterioration by decreasing the amount of oxygen, and thus inhibiting the proliferation of aerobic microorganisms.

In the case of *modified atmosphere packaging (MAP)*, by replacing air by a protective gas of suitable composition, the activities of both aerobic and anaerobic bacteria can be stopped. Carbon dioxide, nitrogen, oxygen and their blends are used as a protective gas [3].

As the result of high gas permeability packaging materials, the gas composition of *MAP* changes, vacuum ceases to exist, and so the proliferation inhibiting effect of the packaging material decreases.

In the case of gastight packaging, the gas composition of *MAP* only changes because of microbial proliferation, so vacuum packaging remains effective. As a result of *MAP*, the microecological environment of the food changes significantly.

It is advisable that packaging is such that it makes mechanized movement, loading and automated, computer-controlled storage of the goods possible. From this point of view, *MAP* requires special attention, because this method of packaging involves the packing of large volumes of gas.

For example, the effect of packaging technology on microorganisms occurring in meat products is as follows:

There are all kinds of microbes on raw meat, because meat is the ideal medium for microorganisms. Microbes with proteolytic and lipolytic activities will have an advantage over the other microorganisms, because the protein and fat contents of the meat become available to them, thanks to their protease and lipase enzymes. In case of their proliferation, various spoilage phenomena might occur (sliming, unpleasant, rotten smell, sour odor). The dominant microflora of raw meat consists of members of the *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Micrococcus*, *Lactobacillus* and *Enterococcus* genera and, depending on the hygienic conditions, of the *Enterobacteriaceae* and *Clostridium* families. *Brochothrix thermosphacta*, and also yeasts (*Candida*, *Rhodotorula*) and molds (*Penicillium*, *Mucor*) were detected in 1 to 5% of raw meat.

A nyers húson a legkülönbözőbb mikroba fordulhat elő, hiszen a hús tökéletes táptalaj a mikroorganizmusok számára. Azok a mikroba, amelyek proteolitikus és lipolitikus aktivitással rendelkeznek, előnybe kerülnek a többi mikroorganizmussal szemben, mert számukra felhasználhatóvá válik a hús fehérje- és zsírtartalma a proteáz és lipáz enzimeiknek köszönhetően. Elszaporodásuk esetén különböző romlási jelenségek fordulhatnak elő (nyálkásodás, kellemetlen rothadt szag, savanykás szag). A nyers húsok domináns mikroflóráját a *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* nemzetség, valamint a higiéniai körülményektől függően az *Enterobacteriaceae* és a *Clostridium* család tagjai alkotják. A nyers húsok 1-5 %-ában *Brochothrix thermosphacta* valamint élesztő (*Candida*, *Rhotorula*) és penészgombákat (*Penicillium*, *Mucor*) is kimutattak.

Közepes hőmérsékleten tárolt húsokon gyorsan megindul a baktériumos romlás, elsősorban a *Streptococcus*ok, a *Clostridium perfringens*, majd a fehérjebontó *Clostridium*ok szaporodása következtében. A felületi elváltozásokat a bélbaktériumok és a *Pseudomonas*ok okozzák.



Alacsony (<5°C) hőmérsékleten az egészségügyi veszélyt okozó baktériumok nem szaporodnak el, kivétel a *L.monocytogenes* és a *C.botulinum* E-típus. A hűtőtárolás természetesen nem akadályozza meg az összes baktérium szaporodását, mivel egyesek minimális szaporodási hőmérséklete akár 0°C alatt is lehet.

Aerob körülmények között a tárolt húson a *Pseudomonas*ok igen gyorsan uralomra jutnak, kísérőflóráként *Aeromonas*ok, *Flavobacterium*ok, *Micrococcus*ok, *Lactobacillus*ok és *Enterobacteriaceae* tagjai is megjelenhetnek. Ezek egymás növekedését nem befolyásolják, amíg a maximális sejtszámot el nem érik. (2)

Amikor a baktériumok szaporodásuk közben a 10⁷/g/cm² körüli sejtszámot eléri, megjelenik a jellegzetes tapadó, nyálkás felület, és a jellegzetes melleszag (ez nem azonos a fehérje rothadási szaggal, amit *Clostridium*ok okoznak).

Csomagolt termék esetén (oxigént át nem eresztő fóliában) a baktériumok tevékenységének hatására a széndioxid felszaporodik, és így anaerob viszonyok



A képek illusztrációk / Pictures are for illustration only

Bacterial spoilage begins rapidly on meat stored at medium temperatures, mainly due to the proliferation of Streptococci, Clostridium perfringens, and then proteolytic Clostridia. Surface changes are caused by enteric bacteria and Pseudomonads.

At low temperatures (<5 °C), bacteria that pose a health threat do not proliferate, with the exception of *L. monocytogenes* and *C. botulinum* Type E. Of course, cold storage does not prevent the proliferation of all bacteria, because the minimal growth temperature of some of them might be even below 0 °C.

On meats stored under aerobic conditions, Pseudomonads become dominant very quickly, and members of Aeromonads, Flavobacteria, Micrococci, Lactobacilli and Enterobacteriaceae might appear as the accompanying flora. They do not influence each other's growth, until maximum cell numbers are reached [2].

When a cell number around $10^7/\text{g}/\text{cm}^2$ is reached by bacteria during their proliferation, a characteristic sticky, slimy surface and the characteristic by odor (which is not identical to the protein rotting odor caused by Clostridia) appear.

In the case of packaged products (in foil impermeable to oxygen), carbon dioxide accumulates due to bacterial activity, and so anaerobic conditions develop. This favors the growth of lower oxygen demand Enterobacteriaceae, Lactobacilli and *B. thermosphacta*. In this case, „pseudomonas” odors characteristic of spoiled meat do not appear, and unpleasant odors develop only at much higher microbe counts. As a result of the CO₂ produced, the period of minimum durability increases.

Pseudomonads are suppressed by vacuum packaging, and the role of lactic acid bacteria increases.

Longer shelf-lives can be achieved by modified atmosphere packaging. In the case of carbon dioxide packaging Lactobacilli and *Brothotrix thermosphacta*, while in the case of high oxygen concentration packaging Pseudomonads and *Brothotrix thermosphacta* become dominant.

3.3. Preventing corrosion

In this paper only microbiological corrosion is discussed. Some packaging materials can be attacked by microbes. As a result of this, in addition to food health and quality hazards that can be caused by packaging material corrosion, mechanical, and physicochemical properties of the packaging material can change through damage to different plastics. Due to the biological hydrolysis of plasticizers and stabilizers, the packaging material can become brittle, plasticizers can be attacked by the enzymes of the microorganisms, resulting in a weight loss (for example, plasticizer loss can be as high as 90% due to *P. aeruginosa*), their secreted metabolites can cause discoloration and permeability might change as well. These facts have to be taken into account especially in the case of products with long shelf-lives [4].

Biological corrosion is often caused by molds, for some of which even trace amounts of organic material can serve as media, so they can colonize even plastics. A significant role in their colonization is played by the plasticizers used. When investigating the vulnerability of plastics, it is not sufficient to consider only plasticizers, because the stability of plastics can change drastically due to a change in stabilizers (metal carboxylates, organic lead sulfate derivatives, organic tin compounds). Based on all this,

biocides are extensively recommended by producers to increase the biological stability of plastics. Plastics resistant to microorganisms can only be produced by careful selection of the plasticizer, the stabilizer and the biocide. At the same time, important aspects are the compatibility of the substance used with foods, its being tasteless and odorless, low migration properties and biodegradability.

3.4. Resistance to preservation procedures

Preservation processes developed for the prevention or inhibition of the life activities of microorganisms burden packaging materials significantly. In the case of products preserved using chemical procedures (marinated, smoked, pickled, chemically treated), their physicochemical properties have to be taken into consideration. The packaging material has to be resistant to the chemical aggressiveness of the product packaged, and it has to have a sealing capability that ensures, during storage, the appropriate concentration of the preservative, especially in the case of MAP.

In the case of preservation by heat and cold treatment, the mechanical and chemical strength of the packaging material has to be sufficient to withstand the thermal shock necessary for microbial death.

When using radiation or combined preservation, it is important from a packaging technology point of view that the energy transmitted (radiation dose) does not cause any structural changes. Combined preservation processes can lead, on the one hand, to the material becoming harder, more brittle, and on the other hand, to the detachment of such molecule groups from the material (degradation) that will adversely affect the enjoyment value of the food.

3.5. Information

In addition to the aesthetic display of foods, packaging also contains their mandatory labeling information, as well as messages with marketing purposes. For the latter, from a microbiological point of view, it is important to indicate the date of minimum durability of the product, which can be determined by its microbiological validation in the case of most foods ready for consumption [5]. The living flora content in the case of certain functional foods is also indicated on the packaging.

3.6. Environmental protection

The traditional packaging materials used comprise an ever growing fraction of municipal waste, ca. 30% currently. Of this, according to international data, ca. 13% is non-degradable plastics [7].

Modern packaging materials are reusable, recyclable, biodegradable or, in case of disposal, its environmental contamination effect is as little as possible. Results of the latest developments are edible packaging materials.

Microbiological hygienic assessment of reusable packaging materials is performed as described in section 3.1.

A significant role is played in the decomposition of packaging materials based on microbiodegradation by microorganisms

4. New trends in packaging technology and their microbiological aspects

4.1. New trends in packaging technology

Based on the above, food packaging materials have to meet a wide range of requirements, depending on product type, technology and storage. Their properties have to be modified according to the needs partly by changing their

alakulnak ki. Ez a kisebb oxigén igényű *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillus*ok és a *Brothotrix thermosphacta* növekedésének kedvez. Ekkor nem jelentkeznek a romlott húsról jellemző „pseudomonaszos” szagok, illetve a kellemetlen szaganyagok csak jóval nagyobb mikrobaszámnál képződnek. A keletkező CO₂ hatására a minőségmegőrzési időtartam növekszik.

A vákuumcsomagolás a *Pseudomonas*okat háttérbe szorítja, és a tejsvbaktériumok szerepe növekszik.

A védőgáz csomagolással hosszabb eltarthatósági idő érhető el. A széndioxidos csomagolás esetén a *Lactobacillus*ok és a *Brothotrix thermosphacta*, míg a magas oxigén koncentrációjú csomagolás esetén a *Pseudomonas*ok és a *Brothotrix thermosphacta* válnak uralkodóvá.

3.3. A korrózió megelőzése

Dolgozatomban csak a mikrobiológiai korrózióra tértek ki. A csomagolóanyagok egy része mikrobák által támadható. Ennek eredményeként azon kívül, hogy a csomagolóanyag korróziója élelmezés-egészségügyi, minőségi veszélyeket okozhat, a különböző műanyagok károsodása révén a csomagolóanyag mechanikai, fizikai kémiai jellemzői megváltozhatnak. A lágyítók és stabilizátorok biológiai hidrolízise következtében a csomagolóanyag rideggé válhat, a mikroorganizmusok enzimek megtámadhatják a lágyító anyagot, így tömegcsökkenés állhat elő (*P.aeruginosa* hatására például a lágyító veszteség akár 90 % is lehet), a kiválasztott anyagcseretermékek elszíneződést okozhatnak és megváltozhat az áteresztőképesség is. Ezeket a tulajdonságokat különösen a hosszú minőségmegőrzési időtartammal rendelkező termékek esetében kell figyelembe venni [4].

A biológiai korrózió gyakori okozói a penészgombák, amelyek közül némelyiknek táptalajként már a szervesanyagok nyomai is elegendőek, így a műanyagokon is meg tudnak telepedni. Megtelepedésükben jelentős szerep jut a felhasznált lágyítóknak.

A műanyagok támadhatóságát vizsgálva nem elég csak a lágyítókat vizsgálni, mivel a stabilizátorok (fémkarboxilátok, organikus ólomszulfát származékok, szerves ónvegyületek) változásának hatására alapvetően megváltozhat a műanyagok stabilitása. Mindezek alapján a gyártók kiterjedten ajánlanak biocidokat műanyagok biológiai stabilitásának növelésére. A mikroorganizmusokkal szemben ellenálló műanyag csak a lágyító, a stabilizátor és a biocid gondos kiválasztásával állítható elő. Fontos szempont ugyanakkor a felhasznált anyag élelmiszerrel való összeférhetősége, íztelensége, szagtalansága, az alacsony szintű migráció és a biológiai lebonthatóság is.

3.4. Tartósító eljárásnak való ellenállás

A mikroorganizmusok élettevékenységének megakadályozására vagy gátlására kifejlesztett tartósító eljárások jelentősen igénybeveszik a csomagolóanyagot. Kémiai eljárással tartósított (pácolt, füstölt, savanyított, vegyszeresen kezelt) termékek esetében azok fizikai kémiai tulajdonságait kell figyelembe venni. A csomagolóanyag ellent kell, hogy álljon a belecsomagolt termék kémiai agresszivitásának, továbbá olyan záróképességgel kell rendelkeznie, amely a tárolás során biztosítja a tartósítószer megfelelő koncentrációját, különös tekintettel *MAP* csomagolások esetére.

Hőelvonásos és hőközléses tartósítás esetén a csomagolóanyag mechanikai és kémiai szilárdságának el kell bírnia a mikrobapusztuláshoz szükséges hőterhelést.

Sugárzás illetve kombinált tartósítás esetén csomagolástechnikai szempontból fontos, hogy a közölt energia (sugárdózis) ne okozzon szerkezeti változást. A kombinált tartósítási eljárások egyrészt az anyag keményedéséhez, ridegedéséhez vezethetnek, másrészt olyan molekulacsoportok leválását idézhetik elő az anyagról (degradáció), amelyek hátrányosan befolyásolhatják az élelmiszer élvezeti értékét.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

microstructure and partly by partnering materials of different properties (coating, laminating, layering) or by creating paper, aluminum and plastic foil combinations.

The directions of development are interactive packaging and the application of nanotechnology in the food industry, biopolymers and edible packaging in the development of packaging materials, while gaining ground by vacuum packaging has been observed in households.

4.1.1. Interactive packaging

In recent years, foils and coatings have been applied to packaging materials that, by interacting with the product packaged, promote its protection and shelf-life. These packaging materials participate actively in preserving the quality of the product until its use, and so this kind of packaging is also called interactive packaging. A characteristic of them is that, in addition to their traditional protective task, they produce an interaction between the food, the packaging material and the internal gas phase of the package using additives and/or actively operating polymers, so that the quality of the product can be safely kept for a longer time. Conventional packaging is basically a passive barrier between the product and its environment, but interactive packaging „operates” by extending the traditional functions of packaging. This way, for example, it prevents spoilage of the packaged food with the help of microbial inhibitors (O₂, water vapor or ethylene absorption), it detects effects on the packaged food (UV radiation, temperature, mechanical impact, leakage, spoilage processes) and provides information about them using different indicators, audible signals, data recorders, etc. Active packaging contributes to the prevention of spoilage and, through this, to the extension of the shelf-life, improves sensory properties (eg., color, flavor, aroma, appearance), provides active responses to changes in various properties of the product or the environment, informs about the „history” of the product, indicates the integrity of the seal, verifies the original condition of the product [7].

Of course, according to the interpretation above, there are already interactive packaging solutions among packaging methods now considered traditional, such as packagings performed with, for example, humidity absorbing or removing materials, or modified atmosphere or vacuum packagings.

A good example of microbial inhibition gas systems is the pouch system that produces ethyl alcohol. Ethyl alcohol that is released into the atmosphere of the packaged bakery product inhibits the growth of mold in the product. Oxygen scavenger systems, on the one hand, protect packaged goods from the growth of aerobic microbes and mold by absorbing oxygen, and on the other hand, from unwanted oxidation of food components.

There are two forms of operation of polyethylene films „transferring” microbial inhibition preservatives to foods. The first one is when the packaging material is in intimate contact with the product (e.g., the packaging of cold cuts or aseptic packaging of beverages), and the other one is when there is an unfilled volume of space (headspace) between the packaging material and the product (e.g., boxed products). In the first case, the additive is transferred from the film to the food by diffusion, and then it is chemically absorbed there. In the second case, after reaching a state of equilibrium, the active, volatile additive is distributed between the film, the headspace and the product. The mechanism of action has to be investigated by product

and by packaging material, because this is the only way to determine the amount of active additive built into the packaging material which is then released in a controlled way. Non-edible packaging materials can contain virtually any (additive) substance that is not harmful to the health, such as, e.g., oxygen and water vapor absorbers, organic acids and their salts, alcohols, antioxidants, etc.

4.1.2. Application of nanotechnology in the development of food packaging materials

One new example of interactive packaging is the application of nanotechnology in the development of food packaging materials. This technology might bring about an advancement in the food industry primarily in the areas of stronger and lighter packaging materials, and also in food safety. By using antibacterial packaging materials that destroy microbes, foods can be kept longer, and intelligent packaging materials containing nano-indicators could signal gas formation due to food spoilage by a change in color. A further possible application could be the targeted entry of nutrients or vitamins into the body, therefore, improving the general health of food consumers [8].

There is ongoing research in Hungary as well, to develop packaging materials modified through nanotechnology, adn to improve the properties of biopolymers by nanotechnological methods. For example, there is an ever growing demand for packaging materials to possess antibacterial properties. In theory, with the help of sensors implanted in the packaging material, it could be checked whether a product was opened during transport, or if the goods are spoilt.

Another direction for nanotechnology in the packaging industry is the improvement of the disadvantageous properties of biodegradable natural polymers, i.e., biopolymers, by nanosized additives [9].

4.1.3. Biopolymers

When we talk about biopolymers, then one mainly thinks of polylactic acid (PLA), a biodegradable substance prepared by the polymerization of lactic acid. We can make bottles, plates and cutlery from it. Traditional plastics degrade very slowly, therefore, they pollute the environment for a long time. However, plastic products made of PLA can be composted and – thanks to microorganisms in the soil – they decompose within four weeks. However, packaging materials made of biodegradable PLA, produced by the polymerization of lactic acid, have weak aroma and gas barrier properties, their strength does not meet the requirements, and they are brittle. Fortunately, these drawbacks can be eliminated by the addition of nanosized materials – ground clay minerals or nanocrystalline cellulose [9].

Different miniaturized sensors can also be prepared by nanotechnology, in order to obtain as much information as possible about the status of the given product. The more a packaging knows, the easier it is to sell the product contained in it.

However, certain authors point out that we should pay more attention than before to the food industrial use of nano titanium dioxide and its long-term effects on the central nervous system [10].

4.1.4. Edible packaging

Edible packaging (edible films, coatings) opened new horizons in the food industry, by ensuring microbiological protection and, thus, longer shelf-life. The various coatings prevent the outflow of carbon dioxide, water and

3.5. Tájékoztató

Az esztétikai megjelenítésen túl a csomagolás hordozza az élelmiszerek kötelező jelölési adatait és a marketingcélú üzeneteket. Ez utóbbinál mikrobiológiai szempontból fontos egyrészt a termék minőségmegőrzési időtartamának a megjelölése, amely annak mikrobiológiai validálásával állapítható meg a legtöbb fogyasztásra kész élelmiszer esetén [5]. Ugyancsak a csomagolás hordozza bizonyos funkcionális élelmiszerek esetében az élőflóra-tartalom megjelölését is.

3.6. Környezetvédelem

A felhasznált hagyományos csomagolóanyagok a kommunális hulladék egyre nagyobb részét, kb. 30 %-át képezik. Ebből nemzetközi adatok szerint kb. 13% le nem bomló műanyag [7].

A korszerű csomagolóanyag újra felhasználható, újra hasznosítható, biológiailag lebomló, vagy ártalmatlantítása esetén környezeti szennyező hatása a lehető legkisebb. A legújabb fejlesztések eredményei az ehető csomagolóanyagok.

Az újra felhasználható csomagolás mikrobiológiai higiéniai megítélése az 3.1. fejezetben leírtak szerint történik.

A csomagolóanyagok mikrobiodegradáción alapuló lebontásában jelentős szerep jut a mikroorganizmusoknak.

4. Új irányok a csomagolástechnikában és azok mikrobiológiai vonatkozásai

4.1. Új irányok a csomagolástechnikában

A fentiek alapján az élelmiszer-csomagolóanyagoknak terméktípustól, technológiától, tárolástól függően igen sokféle követelménynek kell megfelelniük. Tulajdonságaikat igény szerint módosítani kell részben szerkezeti mikrostruktúrájuk megváltoztatásával, részben különböző tulajdonságú anyagok társításával (bevonás, kasírozás, rétegelés), papír-, alumínium-, műanyag fóliakombinációk létrehozásával.

Az élelmiszeriparban az interaktív csomagolás, a nanotechnológia alkalmazása, a csomagolóanyagok kialakításában a biopolimerek és az ehető csomagolás a fő fejlesztési irány, míg a háztartásban a vákuumcsomagolás térnyerése tapasztalható.

4.1.1. Interaktív csomagolás

Az utóbbi években a csomagolóanyagokat olyan fóliákkal és bevonatokkal látják el, amelyek a becsomagolt termékkel kölcsönhatásban elősegítik annak védelmét, eltarthatóságát. Ezek a csomagolóanyagok a termék felhasználásáig aktívan közreműködnek a termék minőségének megőrzésében, így az ilyen

csomagolást interaktív csomagolásnak is nevezik. Ezek sajátossága, hogy a hagyományos védő feladaton túl, adalékanyaggal és/vagy aktívan működő polimerekkel kölcsönhatást hoznak létre az élelmiszer, a csomagolóanyag és a csomag belső gáztere között úgy, hogy a termék minőségét hosszabb ideig biztonságosan megőrizze. A hagyományos csomagolás alapvetően egy passzív védőfal a termék és a környezete között, az interaktív csomagolás viszont a csomagolás hagyományos funkcióit kiterjesztve „működik”. Ilyen módon például mikrobagátló anyagok segítségével megelőzi a becsomagolt élelmiszer romlását (O₂ lekötés, vízgőzabszorpció, etilén-lekötés), érzékeli a csomagolt terméket érő hatásokat (UV sugárzás, hőmérséklet, mechanikai behatások, szivárgás, romlásból eredő folyamatok), és ezekről információt nyújt különböző indikátorok, hangjelzők, adatrögzítők stb. segítségével. Az aktív csomagolás hozzájárul a romlás megelőzéséhez, ezen keresztül a minőségmegőrzési időtartam meghosszabbításához, javítja az érzékszervi tulajdonságokat (pl. szín, íz, aroma, küllem), aktív választ ad a termék egyes tulajdonságaiban vagy a környezetben végbement változásokra, informál a termék „előéletéről”, jelzi a zárás sértetlenségét, bizonyítja a termék eredeti állapotát [7].

Természetesen a már hagyományosnak számító csomagolási módszerek között is vannak a fenti értelmezés szerinti interaktív csomagolások, ilyenek pl. a páralekötő, -mentesítő anyaggal végzett vagy a védőgáz, illetve a vákuum csomagolások.

Az etilalkoholt fejlesztő tasakos rendszer jó példája a mikrobagátló gázrendszereknek. A csomagolt pékáru légterébe kerülő etilalkohol gátolja a penész kifejlődését a termékben. Az oxigén-lekötő rendszerek az oxigén abszorbeálása révén egyrészt megvédik a becsomagolt terméket az aerob mikrobák és penészek növekedésétől, másrészt az élelmiszer alkotórészeinek nem kívánatos oxidációjától.

A mikrobagátló tartósítószer élelmiszereknek „átadó” polietilén fóliák működésének két formája ávan. Az egyik forma az, amikor a csomagolóanyag szorosan érintkezik a termékkel (pl. a felvágottak csomagolása vagy az aszeptikus italcsomagolás), a másik forma pedig amikor a csomagolóanyag és a termék között kitöltetlen tér (fejtérfogat) van (pl. a dobozos termékek). Az első esetben az adalékanyag diffúzióval jut át a fóliából az élelmiszerbe, ott kémiaiilag megkötődik. A másik esetben az egyensúlyi állapot elérésekor, az aktív, illékony adalékanyag szétoszlik a fólia, a fejtérfogat és a termék között. A hatásmechanizmust termékenként és csomagolóanyagoként kell vizsgálni, mert csak így lehet meghatározni a csomagolóanyagba beépített és azt szabályozottan kibocsátott aktív adalékanyag-mennyiségeket. A nem ehető csomagolóanyagok tulajdonképpen bármilyen egészségre nem ártalmas (adalék-) anyagot tartalmazhatnak, mint pl. oxigén- és vízgőz abszorberek, szerves savak és sóik, alkoholok, antioxidánsok, stb.

aroma components and the inflow of oxygen, and also provide mechanical strength. It is a requirement that the coating does not stick to other packaging materials and to the hands, and it does dissolve in the mouth and not in the hands [11].

Recently, interactive methods are also used for edible packaging materials, building into them active ingredients and substances, such as antioxidants, coloring and flavoring agents, nutrition enhancers and seasonings. However, in the case of edible films and coatings, the amount of these additives that can be used is limited. On the one hand, they have to be incorporated into the raw material of the film (compounding), and on the other hand, because the additives enter our bodies with the food, their amounts have to be limited [12].

Edible coating can be: polysaccharides (cellulose, starch, carrageenan, pectin, alginates, natural gums), proteins (gelatin, casein, albumin+gelatin, soy protein, whey protein), lipids (surfactant lipoprotein, lecithin), waxes (beeswax, paraffin, carnauba), resins (pine resin, fruit tree resins, gums).

„Additives” of edible coatings, in accordance with the stated goals are: antimicrobial agents, antioxidants (vitamin E, vitamin C), flavor, odor and aroma substances, pigments colorings, preservatives, vitamins, probiotics (*Bifidobacterium lactis*) and minerals.

One example for edible packaging is the „futuristic” WikiCell packaging [13]. WikiCell is in fact a double-layer packaging. The primary packaging is edible, composed mostly of natural food particles, such as chocolate ice cream covered with dough, or yogurt with a blueberry coating. The secondary hard packaging can be either edible or non-edible. Even non-edible outer packaging is completely degradable, therefore, it pollutes the environment less. WikiCell packaging was developed by Professor David Edwards. The first (waterproof) layer consists of three parts: tiny food particles, such as chocolate, fruit, walnut or seeds; calcium, and a natural chitosan or alginate. The gel made of these three parts keeps water inside the food. The second, protective layer is the also edible isomalt (sweetener). Products in the near future can be WikiCell ice cream, yogurt and fruit juice.

4.1.5. Household vacuum packaging

With the help of household packaging, food separation at home can be easily achieved and cross-contamination prevented. By applying vacuum, oxidation and enzymatic processes are inhibited (fat does not become rancid, fruit does not turn brown, meat does not get discolored, original flavors are retained, etc.), and the growth of oxygen-loving microorganisms becomes impossible. If vacuum is combined with cooling, inhibition of the proliferation of mesophilic bacteria is also achieved.

When combining vacuum with low temperature thermal treatment and cooling (sous vide), the original nutritional value of foods is not compromised significantly, and storage will be safer as well [14].

4.2. Macrobiological aspects of new trends in packaging technology

A human being is not a single organism, but a superorganism. We live together with more than 10 thousand microbial species (microbiome) in a common „household”: an adult of average body weight of 75 kilograms lives together with 0.75 to 1.25 kilograms of microorganisms [15]. Microbes perform several tasks: they extract

nutrients from foods, synthesize vitamins, protect against infections, and produce compounds that reduce inflammations in a natural way [16].

The 10 trillion cells of the human body are produced by roughly 35 thousand genes, and the microbes living with us have a total of 8 million genes. It is, therefore, important to explore how new packaging materials, and all their additives (e.g., nanosilver, edible packaging, titanium dioxide) and composites affect the microbiome.

4.3. Microbiological aspects of new trends in packaging technology

New packaging methods are becoming increasingly widespread in our everyday lives. According to the analytical strategists of JWT Intelligence, the development of edible packagings was seventh on the list of anticipated trends for the year 2014. However, in addition to rapid technical developments, there are fewer studies on impact assessment. Unfortunately, packaging technologies are introduced without impact assessments, despite the fact that the amount of active additive or preservative could be determined by investigating their mechanisms of action. Today, changes can be tracked by modern rapid methods [17], and even VNC (viable but no culturable) microbes can be detected. The mechanism of action of polyethylene films containing microbe inhibiting preservatives and „transferring” these to the foods should be investigated in all cases (different foods, packaging materials or additives), because this is the only way to determine accurately the amount of active additive that can be incorporated in the packaging material, which is then released in a controlled way. It is also important to analyze the effect of seasonality, because the activities of microbes are significantly influenced by temperature conditions.

Continuous monitoring results are still lacking, even though the variability of microbes is limitless. Resistant microorganisms that adapt to the given microecological environment, and which cause spoilage or health hazards are sooner or later selected, and so new spoilage/food safety risks have to be considered.

After opening the packaging, advantages disappear, and food spoilage processes begin immediately.

Protection against microbiological hazards also increases the chemical hazard, therefore, finding the delicate balance (optimization) is very important, especially in the case of interactive and edible packagings. Today, we can repeatedly encounter warnings advising caution:

- Because of the toxic effects of certain nanomaterials on living organisms and the environment, stricter regulations are necessary;
- Microvilli of the small intestine are destroyed by food grade titanium dioxide coloring in vitro experiments, because it contains significant amounts of nanosized particles;
- Nanosized titanium dioxide, due to its small size, can interact with the intestinal mucosa after consumption;
- In the United States, plastic storage containers containing nanosilver to inhibit the growth of molds and bacteria was taken off the shelves [18].

4.4. Conclusions

Many (and maybe too many) tasks are intended for the packaging materials of the future, to achieve often unre-

4.1.2. A nanotechnológia alkalmazása az élelmiszerek csomagolóanyagainak kialakításában

Az interaktív csomagolás egyik új példája a nanotechnológia alkalmazása az élelmiszerek csomagolóanyagainak kialakításában. Az élelmiszeripar területén elsősorban az erősebb és könnyebb csomagolóanyagok, valamint az élelmiszerbiztonság területén hozhat előrelépést e technológia. Antibakteriális, a mikrobákat elpusztító csomagolóanyagokkal az élelmiszerek hosszabb távon eltarthatóvá válnak, intelligens, nano-jelzőrendszert tartalmazó csomagolóanyagok színváltozással jelezhetik egy élelmiszer romlás okozta gázképződését. Az alkalmazás további lehetőségét jelenti a tápanyagok, vitaminok célzott szervezetbe juttatása, ezáltal javítva az élelmiszert fogyasztók általános egészségi állapotát [8].

Magyarországon is folyik kutatás a nanotechnológiával módosított csomagolóanyagok fejlesztésére, a biopolimerek tulajdonságainak nanotechnológiai módszerekkel történő javítására. Mind nagyobb igény mutatkozik például arra, hogy a csomagolóanyag antibakteriális tulajdonságú legyen. A csomagolóanyagba ültetett érzékelők segítségével elvileg azt is ellenőrizni lehet, hogy a terméket szállítás közben nem nyitották-e ki, illetve, hogy nem romlott-e az áru.

A csomagolóiparban a másik nanotechnológiás irány a biológiai úton lebomló természetes alapanyagú polimerek, azaz biopolimerek hátrányos tulajdonságainak a javítása nanoméretű adalékanyagokkal [9].

4.1.3. Biopolimerek

Ha biopolimerről beszélünk, akkor elsősorban a politejsavra (PLA = Poly Lactic Acid) kell gondolni, amely a tejsav polimerizációjával keletkező, biológiai úton lebomló anyag. Ebből palackot, tányért, evőeszközt is készíthetünk. A tradicionális műanyagok nagyon lassan bomlanak le, ezáltal hosszú időn át szennyezik a környezetet. A PLA-ból készült műanyagtermékek azonban komposztálhatók, s – a talajban lévő mikroorganizmusoknak köszönhetően – négy héten belül lebomlanak. A tejsav polimerizációjával keletkező, biológiai úton lebomló anyagból a PLA-ból készült csomagolóanyagoknak azonban gyenge az aroma- és gázzáró képességük, szilárdságuk nem felel meg a követelményeknek, emellett ridegek. Ezek a hátrányos tulajdonságok viszont nanoméretű anyagok hozzáadásával – agyagásvány-örleménnyel vagy nanokristályos cellulózzal – kiküszöbölhetők [9].

Nano technológiával különböző miniatürizált szenzorokat készítenek, hogy minél több információt nyerhessenek az adott termék állapotáról. Minél többet tud egy csomagolás, annál könnyebben eladható a benne rejlő termék is.

Egyes szerzők azonban felhívják a figyelmet arra, hogy az eddigieknél nagyobb figyelmet kell szentelni

a nano titán-dioxid élelmiszeripari felhasználására és annak központi idegrendszerre gyakorolt hosszútávú hatására [10].

4.1.4. Ehető csomagolás

Az ehető csomagolások (ehető filmek, bevonatok) új távlatokat nyitottak az élelmiszeriparban, azáltal, hogy mikrobiológiai védelmet, így hosszabb eltarthatóságot biztosítanak. A különféle bevonatok megakadályozzák a széndioxid, a víz, az aromakomponensek kiáramlását és az oxigén beáramlását, továbbá mechanikai szilárdságot biztosítanak. Követelmény, hogy a bevonat ne ragadjon az egyéb csomagolóanyaghoz, a kézhez, továbbá, hogy a szájban és ne a kézben oldódjon fel [11].

Újabban az interaktív módszereket az ehető csomagolóanyagoknál is alkalmazzák, beépítve ezekben olyan aktív alkotórészeket, anyagokat, mint pl. az antioxidánsok, színezőanyagok, ízesítőanyagok, tápérték-fokozók és fűszerek. Ehető fóliák és bevonatok esetén azonban ezen adalékanyagok felhasználható mennyisége korlátozott. Egyrészt ezeket be kell dolgozni a fólia alapanyagába (kompaundálás), másrészt pedig annál fogva, hogy az adalékanyagok az élelmiszerekkel együtt a szervezetünkbe jutnak, korlátozni kell alkalmazható mennyiségüket. [12].

Ehető bevonatok lehetnek: poliszacharidok, (cellulóz, keményítő, karragenát, pektin, alginátok, természetes gumifélék) fehérjék, (zselatin, kazein, albumin+zselatin, szója fehérje, savófehérje) lipidek, (felületaktív lipoprotein, lecitin), viaszok (méhviasz, paraffin, karnauba), gyanták (fenyőbalzsam, gyümölcsfa gyanta, mézga).

Az ehető bevonatok „adalékanyagai” a megfogalmazott célnak megfelelően: antimikrobás anyagok, antioxidánsok (E-vitamin, C-vitamin), íz, illat-és aroma anyagok, pigmentek, színyanyagok, tartósítószer, vitaminok, probiotikumok (*Bifidobacterium lactis*), és ásványi anyagok lehetnek.

Az ehető csomagolásra egyik példa a WikiCell „futurisztikus” csomagolás [13]. A WikiCell valójában kétrétegű csomagolást jelent. Az elsődleges csomagolás ehető, többnyire természetes élelmiszer-részecskékből áll, ilyen lehet például a csokis fagyisüti tésztával bevonva, vagy joghurt áfonya bevonattal. A másodlagos kemény csomagolás lehet ehető, vagy nem ehető. A nem ehető külső csomagolás is teljesen lebontható, így kevésbé szennyezi a környezetet. A WikiCell csomagolást David Edwards professzor fejlesztette ki. Az első (vízzáró) réteg három részből áll: apró élelmiszer-részecskékből, mint a csokoládé, gyümölcs, dió vagy mag; a kalcium, és egy természetes kitozán vagy alginát. Az e három részből álló gél a vizet az étel belsejében tartja. A második, védő réteg, a szintén ehető izomaltit (édesítőszer). A közeljövő termékei lehetnek majd a WikiCell jégkrém, a joghurt és a gyümölcsle.

alistic storage periods. Goals outlined in Section 4 can only be achieved if packaging materials and packaging technologies are selected with the type of product, the method of distribution and the date of minimum durability in mind.

- As a result of the packaging, the microecological environment of the food changes, as well as the microbial population of the food, and quality and food safety parameters;
- Even properly selected packaging technology can only slow down spoilage, but not indefinitely;
- From a microbiological point of view, there are as many new foods as packagings, because packaging causes a shift in the composition of the microbiota;
- Household vacuum packaging only inhibits, but does not destroy the microbial population of foods, so the slow propagation of microorganisms that do not like oxygen but favor low temperatures (e.g., lactic acid bacteria and pathogenic *L. monocytogenes*) cannot be excluded.

5. Microbiological testing of food packaging materials and the packaging

In this section, for the sake of brevity, microbiological tests to determine the suitability of materials intended for food packaging are only listed as bullet points, all the more so because the purpose of this manuscript is to review food contact materials, also taking into account microbiological aspects, and not a detailed description of the tests.

Tests for the assessment of the microbiological suitability of the packaging material and the packaging: Assessment of protective ability

- water vapor permeability,
- microbiological permeability (growing through)
- Assessment of resistance
 - resistance to bacteria and molds
- Impact assessments
 - effects of gas composition, vacuum, preservative on the composition of the microbiota
- Determination and validation of minimum durability period



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

4.1.5. Háztartási vákuumcsomagolás

A háztartási csomagolással könnyen megvalósítható az otthoni az ételiszeparálás, megakadályozható a keresztszennyeződés. Vákuum alkalmazásával az oxidációs és enzimes folyamatok gátlódnak (a zsír nem avasodik, a gyümölcs nem barnul, a hús nem színeződik el, az eredeti ízek megmaradnak stb.), az oxigént kedvelő mikroorganizmusok szaporodása ellehetetlenül. A vákuumot hűtéssel kombinálva a közepes hőmérsékletet kedvelő mikrobák szaporodásának gátlása is megtörténik.

A vákuumot alacsony hőfokon való hőkezeléssel és hűtéssel kombinálva (*sous vide*) az ételek eredeti beltartalmi értéke nem sérül jelentősen, és biztonságosabb lesz az eltarthatóság is [14].

4.2. Az új csomagolástechnikai irányok makrobiológiai vonatkozásai

Az ember nem egyedülálló organizmus, hanem egy szuperorganizmus. Több mint 10 ezer mikrobafajjal (mikrobiom) élünk közös „háztartásban”: egy átlagos, 75 kilogramm testtömegű felnőtt 0,75-1,25 kilogramm mikroorganizmussal él együtt [15]. A mikrobák számos feladatot látnak el: kivonják a tápanyagokat az élelemből, vitaminokat szintetizálnak, védenek a fertőzések ellen, és olyan vegyületek termelnek, amelyek természetes úton csökkentik a gyulladást okozó folyamatokat. [16].

Az emberi szervezet 10 trillió sejtjét körülbelül 35 ezer gén állítja elő, a velünk élő mikrobáknak pedig összességében 8 millió génje van. Fontos tehát feltárni, hogyan hatnak az új csomagolóanyagok, azok összes adalékanyagai (pl. nanoezüst, ehető csomagolás, titándioxid) és kompozitjai a mikrobiomra.

4.3. Az új csomagolástechnikai irányok mikrobiológiai vonatkozásai

Az új csomagolási módszerek mindennapjainkban egyre jobban terjednek. A JWT Intelligence elemző stratégiái szerint 2014 évre vonatkozóan a várható trendek hetedik helyén az ehető csomagolások fejlesztése állt. A gyors technikai fejlesztések mellett azonban kevesebb tanulmány jelenik meg a hatásvizsgálatokról. Csomagolási technológiákat sajnos hatásvizsgálatok nélkül is bevezetnek, pedig az aktív adalékanyag, tartósítószer mennyiségét hatásmechanizmusuk kivizsgálásával lehet meghatározni. Ma már a változások korszerű gyors módszerekkel nyomon követhetőek [17], és akár a VNC (*viable but no culturable*) mikrobák is kimutathatóak. A mikrobagátló tartósítószer tartalmazó és ezt az élelmiszernek „átadó” polietilén fóliák működésének hatásmechanizmusát minden esetben (más-más élelmiszer, csomagoló- vagy adalékanyag) ki kell vizsgálni, mert csak így lehet pontosan meghatározni a csomagolóanyagba beépíthető és azt szabályozottan kibocsátó aktív adalékanyag-mennyiségeket. Ugyancsak fontos a szezonális hatásának az

elemzése, mert a mikrobák tevékenységét a hőmérsékleti viszonyok is jelentősen befolyásolják.

Hiányoznak a folyamatos monitorozás eredményei is, pedig a mikrobák változékonysága határtalan. Az adott mikroökológiai környezethez alkalmazkodó rezisztens romlást vagy egészségügyi veszélyt okozó mikroorganizmusok hosszabb-rövidebb idő után szelktálódnak, így új romlási/élelmiszerbiztonsági kockázatokkal lehet számolni.

A csomagolás kibontása után az előnyök megszűnnek, s az élelmiszer azonnal romlásnak indul.

A mikrobiológiai veszélyek elleni védekezés egyben növeli a kémiai veszélyt, ezért a kényes egyensúly meghatározása (optimalizálása) nagyon fontos, különösen az interaktív és az ehető csomagolás esetén. Ma már többször találkozhatunk óvatosságra intő figyelmeztetésekkel:

- Bizonyos nanoanyagok élő szervezetekre és környezetre gyakorolt toxikus hatása miatt, szigorúbb szabályozások szükségesek;
- Az élelmiszeradalék-minőségű titán-dioxid színezék rombolja a vékonybél mikrobolyhait *in vitro* kísérletekben, mivel jelentős mennyiségben tartalmaz nano méretű részecskéket;
- A nano méretű titán-dioxid kis méretének köszönhetően elfogyasztás után kölcsönhatásba léphet a bélrendszer nyálkahártyájával;
- Az Egyesült Államokban pedig penészgomba és baktérium növekedésének gátlását szolgáló nano-ezüstöt tartalmazó műanyag tárolódobozt vettek le a polcokról; [18].

4.4. Következtetések

Nagyon sok (talán túl sok) feladatot szánunk a jövőben a csomagolóanyagoknak a sokszor irreális tárolási idő eléréseért. A 4. fejezetben vázolt célok csak akkor realizálódnak, ha a csomagolóanyagot és a csomagolástechnikát a termék típusához, forgalmazási módjához és az elérendő minőségmegőrzési időtartamhoz választjuk ki.

- A csomagolás hatására megváltozik az élelmiszer mikroökológiai környezete, az élelmiszer mikrobatarúsulása, a minőségi és az élelmiszerbiztonsági paraméterek egyaránt;
- A helyesen kiválasztott csomagolástechnika is csak lassítja a romlást, de nem korlátlan ideig;
- Ahányféle csomagolás, annyi új élelmiszerrel kell számolnunk mikrobiológiai szempontból, mivel a csomagolás eltolódást okoz a mikrobiota összetételében;

- A háztartási vákuumozás csak gátolja, de nem pusztítja el az élelmiszerben levő mikrobatársulást így nem zárható ki az oxigént nem kedvelő, és az alacsony hőmérsékletet viszont szerető mikroorganizmusok lassú szaporodása (pl. tejsavbaktériumok, a kórokozó *L.monocytogenes*).

5. Az élelmiszer csomagolóanyagok és a csomagolás mikrobiológiai vizsgálata

Ebben a fejezetben az élelmiszerek csomagolására számtal anyagok alkalmasságának mikrobiológiai vizsgálati irányait terjedelmi okokból csak vázlatosan sorolom fel annál is inkább, mert jelen kéziratomban célom az élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkező anyagok mikrobiológiai szempontokat figyelembe vevő ismertetése és nem a vizsgálatok részletezése.

A csomagolóanyag és a csomagolás mikrobiológiai alkalmasságának megítélésére szolgáló vizsgálatok:

- Védőképesség megítélése
 - vízgőz átteresztőképesség,
 - mikrobiológiai átteresztőképesség (átnövés)
- Ellenállóképesség megítélése
 - baktérium- és penészállóság
- Hatásvizsgálatok
 - gázösszetétel, vákuum, tartósítószer hatása a mikrobiota összetételére
- Minőségmegőrzési időtartam meghatározása, validálása

6. Irodalom / References

- [1] Kéry Á. (2002): Gyógy- és fűszernövények reneszánsza az egészségmegőrzésben és betegségmegelőzésben. *Új Diéta. A Magyar Dietetikusok Lapja.* (11) 4 p. 14-17
- [2] Szeitzné Sz.M. (2011): Új Nemzeti Élelmiszerbiztonsági Program, Agroinform
- [3] Deák T. (2006): Élelmiszermikrobiológia, Mezőgazda Kiadó
- [4] Tabajdiné P.V. (1990): Csomagolóanyagok mikrobiológiai megítélése KÉE. Egyetemi Tansegédlet
- [5] Guidance Document on *Listeria monocytogenes* shelf-life studies for ready-to-eat foods, under Regulation. (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs
- [6] Roberts, T., A. et al. (1998): Microorganisms in foods Blackie Academic & Professional ICMSF

- [7] Kertész B. (2002): Új csomagolóanyagok, interaktív csomagolások élelmiszerekhez <http://www.agraroldal.hu/polimer-2.html> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 08. 30.)
- [8] NÉBIH Közlemény (2014): Nanotechnológia az élelmiszeriparban https://www.nebih.gov.hu/aktualitasok/hirek/nanotechnologia_kozlemeny.html?query=nano-technol%C3%B3gia (Hozzáférés/Aquired: 2015. 04. 28.)
- [9] Szegedi I., Csóka L. (2011): Nanotechnológiával módosított csomagolóanyagok. http://www.innoteka.hu/cikk/nanotechnologia-val_modositott_csomagoloanyagok.194.html (Hozzáférés/Aquired: 2015. 03. 21.)
- [10] Ze ,Y., Sheng, L, et al. (2014): TiO₂ nanoparticles induced hippocampal neuroinflammation in mice. *PLoS One.* 9 (3): e92230 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24658543> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 01. 22.)
- [11] Bourtoom, T. (2008): Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15(3): p. 237-248
- [12] Szabó-Nótin B. és mtsai (2014): Ehető csomagolás, mint új perspektíva az élelmiszeriparban XLVI. Konzervipari Napok 2014. május 5-6.
- [13] WikiCell Designs's Edible Food Packaging; Frozen Food Europe (2013) <http://www.frozenfoodeurope.com/article/products/wikicell-designss-edible-food-packaging> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 01. 22.)
- [14] Szücs P., Ásványi B., Szigeti J. (2014) : Élelmiszerek mikrobiológiai stabilitásának növelése (sous-vide technológia) XLVI. Konzervipari Napok 2014. május 5-6.
- [15] Jordán, F., Lauria, M., Scotti, M., Nguyen, T-P., Praveen, P., Morine, M., Priami, C. (2015): .Diversity of key players in the microbial ecosystems of the human body. *Sci. Rep.* 5, 15920; doi: 10.1038/srep15920 Nature Publishing Group <http://www.nature.com/subjects/microbiome/research> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 02. 20.)
- [16] Qin, J. et al. (2010): Gut bacteria gene complement dwarfs human genome, *Nature* 464, p. 59-65 <http://www.nature.com/news/2010/100303/full/news.2010.104.html> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 02. 20.)
- [17] Tabajdiné P.V. (2015): Mikrobiológiai vizsgálati módszerek fejlődése a hazai élelmiszer vizsgálatok gyakorlatában, www.gmp.tabajdi.eu (Hozzáférés/Aquired: 2015. 02. 20.)
- [18] EPA (2014): Stops Sale of Food Containers Made With Nano Silver <http://www.foodsafetynews.com/2014/04/epa-stops-sale-of-food-containers-made-with-nano-silver/#.ViEHIG4pr3U> (Hozzáférés/Aquired: 2015. 01. 10.)