



ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСА ЕКСТРУЗИЯ ВЪРХУ ФИЗИКОХИМИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА ОСНОВНИ КОМПОНЕНТИ НА ЕКСТРУДИРАНИ ЗЪРНЕНИ СУРОВИНИ

Иван Димов

Резюме: Направен е преглед на литературата относно същността на перспективния и съвременен метод – екструдирание на зърнени суровини и производство на зърнени екструдати. Направена е кратка характеристика на трите основни метода (хладна, топла и гореща екструзия), които се прилагат за екструдирание на хранителни суровини. Описани са характера и дълбочината на измененията на физикохимичните свойства на основните компоненти на екструдираните суровини – нишесте, белтъчини, мазнини, целулоза и витамини. Нишестето клейстеризира, белтъчините денатурират, мазнините частично полимеризират, целулозата е с повишена разтворимост, а витамините се запазват в голяма степен. Проследена е и реологичната характеристика на екструдираните продукти.

Ключови думи: екструзия, зърнени суровини и екструдати, физикохимични свойства, качествени показатели, реология

1. Увод

Напоследък особено внимание се обръща на минималната обработка на хранителните продукти. В това отношение, екструзията като

INFLUENCE OF THE EXTRUSION PROCESS ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF MAIN COMPONENTS OF EXTRACTED RAW CEREAL MATERIALS

Ivan Dimov

Abstract: A review of the literature on the essence of the promising and modern method – grain extrusion and cereal extrudates - has been made. A brief characterization of the three basic methods (cold, hot and high temperature extrusion) applied to the extrusion of feedstocks is made. The nature and depth of changes are described in the physicochemical properties of the main components of extruded raw materials – starch, proteins, fats, cellulose and vitamins. Starch is clayed, the proteins denature, the fats partially polymerize, the cellulose is highly soluble, and the vitamins are largely preserved. The rheological characteristics of the extruded products have been followed.

Key words: extrusion, grain raw materials and extrudates, physico-chemical properties, quality indicators, rheology

1. Introduction

Lately, particular attention has been paid to minimal processing of food products. In this respect,

сравнително нов метод за преработка на храните, е особено перспективен. Чрез нея могат да се получават хранителни продукти с ново качество. Екструдирането е „високо температурна – кратковременна” обработка, при която от селскостопанските суровини, обикновено в гранулирана форма или под формата на прах, се получават готови за консумация хранителни продукти. Екструдатите имат ниско съдържание на влага и се разглеждат като стабилни при съхранение продукти (Пенов и съавт., 2012).

Smith (Smith, 1975) дефинира екструдирането като процес, при който навлажнени, съдържащи скорбяла или белтъци материали, поддаващи се на експандиране, се обработват в тръба чрез комбинация от влага, налягане, топлина и механично срязване, в резултат на което настъпват следните промени:

- повишаване температурата на продукта в тръбата;
- желатинизация на скорбялата;
- денатуриране на белтъците;
- реструктуриране на чувствителните съставки;
- екзотермично експандиране на екструдатите.

Riaz (Riaz, 2000) определя екструдирането като процес на принудително избутване на материалите през матрицата на екструдера при контролирани условия на обработка. Според автора това е уникална система, в която се прилагат повишени нива на влага, топлина и налягане, с цел постигане на физични и химични промени на компонентите.

Протичащите в процеса на обработка съществени изменения, сложните химически, биохимически, микробиологични, физически процеси и

extrusion as a relatively new method of processing food is particularly promising. It can provide food with new quality.

Extrusion is a "high temperature – short term" treatment where ready to eat food products are obtained from agricultural raw materials, usually in granular or powdered form. Extrudates have a low moisture content and are regarded as stable in storage products (Penov et al., 2012).

Smith (Smith, 1975) defines extrusion as a process in which moistened starch or proteinaceous materials capable of being expanded are treated in a pipe by a combination of moisture, pressure, heat and mechanical shear resulting in the following changes:

- increasing product temperature in the pipe:
- gelatinization of starch;
- denaturation of proteins;
- restructuring of sensitive ingredients;
- exothermic expansion of the extrudates.

Riaz (Riaz, 2000) defines extrusion as the forced extrusion process through the extruder die under controlled processing conditions. According to the author, this is a unique system that uses elevated levels of moisture, heat and pressure to achieve physical and chemical changes to the components.

The significant changes in the process of processing, the complex chemical, biochemical, microbiological, physical processes and phenomena make it possible to obtain an extrudate with a regulated,

явления, правят възможно получаването на екструдат с регулирана, зададена структура и комплекс от физикохимични и функционални свойства (Остриков и съавт., 2004).

2. Изложение

За производство на екструдирани продукти с определени физикохимични и функционални свойства, се прилагат три основни метода за екстудирание на хранителни суровини:

- хладна екструзия – прилага се в хранителната промишленост отдавна, преди всичко при производството на макаронени изделия (Пенов и съавт., 2012). Възможни са само механични изменения в материала вследствие на бавното му придвижване под налягане и оформянето на този продукт с образуването на предварително зададени форми. При хладната екструзия влагата на суровините е $W = 30 - 60 \%$ спрямо масата им (Остриков и съавт., 2004).

- топла екструзия при ниско налягане (непряка екструзия) – използва се широко при производството на закуски на база зърнени храни (Пенов и съавт., 2012). Сухите компоненти на суровината се смесват с определено количество вода ($W = 20 - 30 \%$) и се подават в екструдера, където освен на механично се подлагат още и на топлинно въздействие. Продуктът се загрява отвън. Полученият екструдат се отличава с по-голяма плътност, с незначително увеличаване на обема, на плътността и клетъчния строеж. Понякога на екструдата е необходима допълнителна обработка – подсушаване (Остриков и съавт., 2004).

- гореща екструзия при високо налягане и температура (пряка или високотемпературна кратковременна

defined structure and a complex of physico-chemical and functional properties (Ostricov et al., 2004).

2. Exposure

For production of extruded products with certain physicochemical and functional properties, three basic methods of extrusion of feedstocks are applied:

- cold extrusion – has been applied in the food industry for a long time, primarily in the production of pasta (Penov et al., 2012). Only mechanical changes are possible in the material due to its slow movement under pressure and the formation of this product by the formation of predetermined forms. In cold extrusion the moisture content of the raw materials is $W = 30 - 60 \%$ relative to the mass (Ostricov et al., 2004).

- hot extrusion at low pressure (indirect extrusion) – used extensively in the production of breakfast cereals based on cereals (Penov et al., 2012). The dry components of the feedstock are mixed with a certain amount of water ($W = 20 - 30 \%$) and fed into the extruder where, apart from being mechanically subjected to thermal impact. The product is heated from the outside. The resultant extrudate is characterized by greater density, with a slight increase in volume, density and cellular structure. Sometimes the extruder needs additional treatment – drying (Ostricov et al., 2004).

- high temperature extrusion at high pressure and temperature (direct or high temperature short-term extrusion) – the process takes

екструзия) – процесът протича при висока скорост и налягане, където има значителен преход от механическа енергия във топлинна, което довежда до различни по дълбочина изменения в качествените показатели на материала. Освен това може да се регулира топлината, както непосредствено в продукта, така и чрез външните стени на екструдера. Влажността на суровината при горещата екструзия е $W = 10 - 20 \%$ (Остриков и съавт., 2004).

Продуктът се подлага на висока температура (120 – 190 оС) и налягане до 20 МПа за няколко секунди (Пенов и съавт., 2012).

В хода на процеса под действието на значителното механично въздействие, високата температура и налягане, става превръщане на механическата енергия в топлинна, което води до различни по дълбочина изменения в качествените показатели на преработваната суровина (денатурация на белтъците, клейстеризация на нишестето и други биохимични изменения).

Изследването на характера и дълбочината на измененията на физикохимичните свойства на основните компоненти на екструдираните суровини (нишесте, белтък, вода) в процеса на обработка, позволява да се определи оптималния режим на екстудирание и да се получат висококачествени, готови за употреба хранителни продукти, балансирани по аминокиселинен, въглехидратен и витаминен състав (Остриков и съавт., 2004).

• Изменение на нишестето

Нишестето е най-важната съставка на продуктите, произведени чрез екстудирание. То е в основата на хранителната им стойност и допринася за формирането на текстурата им

place at high speed and pressure where there is a significant transition from mechanical energy to thermal, resulting in varying depth changes in the quality of the material. In addition, heat can be regulated both directly in the product and through the outer walls of the extruder. The moisture content of the high temperature extrusion raw material is $W = 10 - 20 \%$ (Ostricov et al., 2004).

The product is subjected to high temperature (120 - 190 °C) and pressure up to 20 MPa for a few seconds (Penov et al., 2012).

In the course of the process, due to the significant mechanical impact, high temperature and pressure, the mechanical energy is transformed into heat, resulting in different depth changes in the qualitative indicators of the processed raw material (protein denaturation, starch cesterification and other biochemical changes).

The study of the nature and depth of changes in the physicochemical properties of the main components of the extruded raw materials (starch, protein, water) in the processing stage allows to determine the optimal extrusion regime and to obtain high quality, ready-to-use food products balanced on amino acid, carbohydrate and vitamin composition (Ostricov et al., 2004).

• Starch modification

Starch is the most important ingredient in extrusion products. It is the basis of their nutritional value and contributes to the formation of their texture (Cardinale, 1983). By

(Cardinale, 1983). Чрез клейстеризация и деполимеризация в екструдера, нишестето губи нехомогенната си зърнеста структура, променя вискозитета си и се превръща в компактна, аморфна, лесно течаща, ламинарно ориентирана при напускане на екструдера маса.

Физикохимичният и биологичен модел на изменение на нишестето може да се представи на базата на редица изследвания чрез директни и индиректни методи за анализ и оценка, приблизително по следния начин:

- образуване на клейстери – гранулите на нативното нишесте са неразтворими във вода. То, обаче, в контакт с нея увеличава обема си. Хидратацията започва от аморфните му части (Чувахин, 1986). При повишаване на температурата, вследствие на отслабване на водородните връзки и взаимодействие на глюкозните остатъци с водата, хидратацията се усилва, продължава нарастване на обема на нишестените зърна (те набъбват). Кристалните участъци също се дезорганизируют и хидратират. Получават се клейстери, които са нестабилни. Вискозитетът на суспензията нараства (Mathionthi, 1992).

- желатинизиране на клейстерите – при по-нататъшното увеличаване на температурата, цялостта на нишестените зърна се нарушава, разрушават се клетъчните стени, което е причина за лесната им атакуемост от ензими и податливост на механично въздействие (Cardinale, 1983). Температурата и налягането катализират разрушаването на клейстерите. Нишестето желатинизира и образува повече или по-малко еднородни, вискозни колоидни разтвори. Разрушаването на структурата на нишестените зърна при нарастване на температурата при загряване от 80 до

cesterification and depolymerization in the extruder, the starch loses its inhomogeneous grain structure, changes its viscosity and becomes a compact, amorphous, readily flowing, laminar-oriented table when leaving the extruder.

The physico-chemical and biological model of starch modification can be presented on the basis of a number of studies through direct and indirect methods of analysis and evaluation, approximately in the following way:

- formation of clays – the granules of native starch are insoluble in water. It, however, in contact with it increases its volume. Hydration begins with its amorphous parts (Chuvahin, 1986). At elevated temperature, due to weakening of hydrogen bonds and interaction of glucose residues with water, hydration increases, continuing increase in volume of starch grains (they swell). Crystal regions are also disorganized and hydrated. Clays that are unstable are obtained. The viscosity of the suspension is increased (Mathionthi, 1992).

- gelatinization of the clays – the further increase in temperature, the integrity of the starch grains is disturbed, the cell walls are destroyed, which leads to their easy attack by enzymes and susceptibility to mechanical impact (Cardinale, 1983). Temperature and pressure catalyze the destruction of the clays. Starch gels and forms more or less uniform, viscous colloidal solutions. The destruction of the starch grain structure when the temperature increases with heating from 80 to 250 °C during extrusion

250 °C при екстудирание, се дължи на отслабване на водородните връзки.

В екструдера части на една и съща молекула се движат с различна скорост, което довежда до напрежения, способни да разкъсат молекулните връзки (Cardinale, 1983). Разкъсването и преподреждането на водородните връзки, осигурява постоянно образуване на нови агрегирани структури, което е съпроводено от едно бързо, временно нарастване на вискозитета на масата. Такива процеси се зараждат в някои критични точки на екструдера.

По време на екстудирането, отделните ензими променят своята активност при различни температури и всички я загубват над 100 °C. Изследвано е въздействието при пълнозърнести шротове от ръж, пшеница, пшенични трици, пшеничен грис и брашно от неотлющен овес с двушнеков екструдер в температурен интервал от 40 до 170 °C. Установено е, че с повишаване на температурата активността на ензимите намалява с изключение на алфа-амилазата при овеса, чиято активност при 90 °C е по-висока, отколкото при 80 °C, но над 90 °C отново намалява (Кашкавалджиев, 1987).

Въздействието на ензимните системи в екструдерния цилиндър, е важно за структурообразуването на новия продукт, тъй като вероятно допринася за разкъсване на глюкозидните връзки.

Екстудираното нишесте е с повишена ензимна атакуемост, повишена разтворимост, по-нисък вискозитет на студено и по-голяма стабилност по отношение на ретроградацията си в сравнение например с валцово-изсушеното нишесте (Cardinale, 1983).

Според изследванията през последните години, екстудираните храни са предпочитани при детското

is due to the weakening of the hydrogen bonds.

In the extruder, parts of the same molecule move at a different velocity, which leads to stresses capable of breaking the molecular bonds (Cardinale, 1983). The rupture and rearrangement of hydrogen bonds ensures the constant formation of new aggregated structures, which is accompanied by a rapid, temporary increase in the viscosity of the mass. Such processes originate at some critical points of the extruder.

During the extrusion, the individual enzymes change their activity at different temperatures and all lose it over 100 °C. The effect on whole grains of rye, wheat, wheat bran, wheat semolina, and flour of unprimed oats with a twin screw extruder was studied in the temperature range of 40 to 170 °C. It was found that with increasing temperature the activity of the enzymes decreases with the exception of alpha-amylase in oats, whose activity at 90 °C is higher than at 80 °C but again decreases above 90 °C (Kaskavaldzhiev, 1987).

The impact of the enzyme systems in the extruder cylinder is important for structuring the new product as it probably contributes to breakage of the glucosidic bonds. Extruded starch has increased enzyme attack, increased solubility, lower cold viscosity, and greater stability in retrograde compared to, for example, rolled-dried starch (Cardinale, 1983).

According to research in recent years, extruded foods are preferred

хранене в кърмаческа възраст пред валцово изсушените или обработени с пара (Гловинковска и съавт., 1987).

Установено е, че при екструдирането нараства частичната хидролиза на връзките от вида на α -1,4, което води до получаване на малтодекстрини (най-вече при картофеното нишесте), особено ценни за детското хранене.

• Изменение на белтъчините

В изолирано екстудирано нишесте (от различни видове брашна и грисове в чист вид и във вид на смеси с млечни белтъчини), е доказано съществуването на повече азотни съединения в сравнение с изходните суровини, повече свързани липиди и минерални вещества (Гловинковска и съавт., 1987; Diosady, 1985; Harper, 1986). Чрез химичния състав на екструдатите при други изследвания, е установено намаленото съдържание на нишесте и мазнини и увеличеното съдържание на белтъчини. Доказано е, че при екстудирането се запазва белтъчният комплекс и степента на това съхранение зависи от условията на екстудиране (Велчев, 1986). Установено е, че намалението на лизина при двушнековите екструдери е по-голямо в сравнение с едношнековите и, че загубите му растат с нарастване на влагата (Гловинковска и съавт., 1987). Тъй като лизинът е най-реактивната аминокиселина и е в ограничено количество в зърнените храни, тя е важен показател за качеството на екструдатите. Всички методи доказват по-ниската му биологична стойност в екструдатите и нейната зависимост от екструзионните условия.

Някои автори посочват загуби на лизина от 65 до 100 % при пълнозърнести екструдати, като подчертават ограниченото влияние на

for pediatric breastfeeding in front of pre-rolled or steam treated (Glovnikovska et al., 1987).

Extrusion has been shown to increase the partial hydrolysis of α -1,4-type linkages, resulting in maltodextrins (especially potato starch), particularly valuable for infant feeding.

• Protein change

In isolated extruded starch (from various types of flours and meals in pure form and in the form of milk protein mixtures), the presence of more nitrogen compounds than the starting materials, more bound lipids and mineral substances has been proven (Glovinkovska et al., 1987; Diosady, 1985; Harper, 1986). By the chemical composition of extrudates in other studies, decreased starch and fat content and increased protein content were found. It has been shown that the protein complex is preserved during extrusion and the degree of this storage depends on extrusion conditions (Velchev, 1986). It has been found that lysine reduction in double-screw extruders is greater than single-screw extruders and that its losses increase with increasing moisture (Glovinkovska et al., 1987).

Since lysine is the most reactive amino acid and is limited in cereals, it is an important indicator of the quality of extrudates. All methods prove its lower biological value in extrudates and its dependence on extrusion conditions.

Some authors report lysine losses of 65 to 100 % in whole grain extrudates, highlighting the limited

високите обороти. Намаляването на лизина при тежки условия на екструдирание се обяснява с хидролитичното разлагане на нишестето и образуване на аминокиселини комплекси. Загубите на други аминокиселини е незначително. Намалението на биологичната ценност при пълнозърнестите продукти се съпровожда и от намаление на усвояемостта, каквото, обаче при нископепелните брашна не е отбелязано. Някои изследователи достигат до извода, че по време на екструдирание млечните протеини агрегират с растителните до повиши молекулярни съединения и образуват жизнеспособни биоагрегати. Счита се, че млечните протеини влияят понижаващо на експанзията и отрицателно на стабилността на структурата и не влияят на разтворимостта и набъбваемостта на нишестето. Според други автори, това влияние зависи от процентното участие на протеина в суровината (Clextral and Tayeb, 1988).

- **Изменение на мазнините**

Констатирано е слабото влияние на екстудирането върху липидните комплекси и почти непроменената им хранителна стойност (Гловинковска и съавт., 1987). Чрез екстрахиране, е получено едно и също количество мазнини от суровини и екструдати. Изследванията, проведени с пшенично нишесте, а по-късно и с картофено и комплексите им с различни липиди показват специфично вискозно поведение на екструдатите. Предполага се, че по време на екструзията настъпва и частична декомплексация, а при ненаситените липиди – полимеризация (Hauck, 1981). Изменението на мазнините при екстудирание води до тяхното

influence of high revolutions. Lysine reduction under severe extrusion conditions is explained by the hydrolytic degradation of starch and the formation of amino-sugar complexes. Loss of other amino acids is negligible. The decrease in the biological value of whole grains is also accompanied by a decrease in digestibility, which, however, is not noted for low-ash flour. Some researchers conclude that during extrusion, milk proteins aggregate with plant to higher molecular compounds and form viable bio-aggregates. Milk proteins are believed to affect expansion and inhibit the stability of the structure and do not affect the solubility and swelling of the starch. According to other authors, this influence depends on the percentage of protein in the raw material (Clextral and Tayeb, 1988).

- **Fat change**

Weak influence of extrusion on the lipid complexes and their almost unchanged nutritional value was observed (Glovnikovska et al., 1987). By extraction, the same amount of fat from raw materials and extrudates is obtained. Studies conducted with wheat starch and later with potato and their complexes with different lipids show a specific viscous behavior of the extrudates. It is assumed that during partial extrusion there is partial decomplexation and, in the case of unsaturated lipids – polymerization (Hauck, 1981). Fat change in extrusion leads to their stabilization.

- **Cellulose change**

Simultaneously with the starch in

стабилизиране.

- **Изменение на целулозата**

Едновременно с нищетото при екструдирание се изменя и целулозата, като се повишава нейната разтворимост. Това я прави по-податлива на бактериално разграждане в организма (в дебелото черво) (Гловинковска и съавт., 1987). Обяснява се с разкъсване и хомогенизиране на частичките на триците, което прави диетичното влакно по-използваемо, тъй като се увеличава общата му повърхност.

- **Изменение на витамините**

Влиянието на екструдирането върху отделните витамини е различно. Тяхното запазване зависи до голяма степен от параметрите на процеса. Някои изследвания посочват витамин В1 като най-нестабилен, други – витамините Е и С.

Оценките за стабилност на витамините са направени на база на сравнение със загуби при печене на хляб, които са най-големи в кората (Paton, 1982).

Резултатът от това сравнение е основание, процесът на екструдирание да се определи от изследователите като „щадящ” процес.

Публикуваните резултати от изследванията показват, че загубите на витамини при екструдирание зависят от параметрите на процеса, конструкцията на съоръженията и предварителната подготовка на суровините. Изисква се, обаче допълнителна проверка за стабилността на витамините при конкретните условия на работа.

- **Реологична характеристика на екструдираните продукти**

Обичаен метод за определяне на измененията, които настъпват в суровините по време на екструзионния процес, е измерването на реологичните

extrusion, the cellulose is changed, increasing its solubility. This makes it more susceptible to bacterial degradation in the body (in the colon) (Glovnikovska et al., 1987). It is explained by rupturing and homogenization of the particles of bran, which makes the dietary fiber more usable as its total surface increases.

- **Change of vitamins**

The impact of extrusion on individual vitamins is different. Their preservation depends largely on the parameters of the process. Some studies indicate vitamin B1 as the most unstable, others - vitamins E and C.

Vitamin stability ratings are based on a comparison of bread baking losses that are greatest in the crust (Paton, 1982).

The result of this comparison is the reason why the extrusion process should be determined by the researchers as a "sparing" process.

The published research results show that the loss of vitamins in extrusion depends on the process parameters, the construction of the equipment and the preliminary preparation of the raw materials. However, additional testing is required for the stability of vitamins under specific operating conditions.

- **Rheological characteristics of extruded products**

A common method for determining the changes occurring in the raw materials during the extrusion process is the measurement of the rheological properties of the resulting

свойства на получените екструдати. Въпреки надеждността на метода за изследване на пластичните свойства на екструдатите, те още не са проучени изцяло (Гловинковска и съавт., 1987; Hauck, 1981).

В процеса на екструзия, в продукта протичат дълбоки структурни преобразувания, изразяващи се в разкъсване на клетъчните стени, деструкция, хидролиза и др.

При механичното въздействие, водещо до тангенциални напрежения в материала, настъпват структурно-молекулярни модификации (Mathionthi, 1992; Paton, 1982). Амилазните и амилопектинни вериги на нишестето го деструктурират до вещества с по-ниско молекулно тегло, което води до промяна на реологията на клейстерите.

Научни доказателства за нишестената и протеинната трансформация при екструдирането дават редица изследователи. С дифрактометър е установено пълното разрушаване на нативната структура на нишестето и образуване на нова, в която полизахаридите имат по-малка степен на подреденост (Гловинковска и съавт., 1987; Clextral and Tayeb, 1988; Mathionthi, 1992). С растерен електронен микроскоп, е доказана порестата структура на екструдата с видими въздушни пори, заобиколени от ламинарни слоеве на екструдирани нишки. Установена е степента на разрушаване на структурата в зависимост от влагата на материала, като едновременно с това и създаването на агломерати от непреобразувано нишесте при високо съдържание на влага (Гловинковска и съавт., 1987; Schneeweib et al., 1983; Stanbley, 1986). Доказано е постепенното изчезване на молекули и създаване на нова гъста структура (Cardinale, 1983). С микрографиите, е

extrudates. Despite the reliability of the method of examining the plastic properties of extrudates, they have not yet been fully investigated (Glovnikovska et al., 1987; Hauck, 1981).

Deep structural changes occur in the extrusion process, such as breakage of cell walls, destruction, hydrolysis, etc.

Mechanical effects resulting in tangential stresses in the material have structural and molecular modifications (Mathionthi, 1992; Paton, 1982). Amylase and amylopectin chains of starch degrade it into lower molecular weight substances, resulting in a change in the rheology of the clays.

Scientific evidence of starch and protein transformation in extrusion is provided by a number of researchers. With a diffractometer, the complete destruction of the native starch structure and the formation of a new one, in which the polysaccharides have a lesser degree of ordering (Glovinkovska et al., 1987; Clextral and Tayeb, 1988; Mathionthi, 1992). With a raster electron microscope, the porous structure of the extrudate with visible air pores surrounded by laminar layers of extruded filaments was proven. The degree of destruction of the structure in relation to the moisture content of the material, as well as the formation of agglomerates of unconverted starch at high moisture content (Glovnikovska et al., 1987, Schneeweib et al., 1983, Stanbley, 1986). The gradual disappearance of molecules and the creation of a new dense structure have been

установено наличието на запазени нишестени зърна (Fornal, 1986).

3. Заключение

Въз основа на структурните промени на различните компоненти в екструдираните суровини и тяхното изучаване и добро познаване, редица суровини, източници на екструдирани хранителни продукти, могат да се ползват като обогатители.

Трансформацията на нишестето, белтъчините и мазнините при екструдирането, ги прави лесноусвояеми, а екструдата – висококачествен, балансиран по аминокиселинен, въглехидратен и витаминен състав, приятен и полезен за консумация.

Намалено е съдържанието на нишесте и мазнини в екструдата, а съдържанието на белтъчини е увеличено. При пълнозърнестите екструдати е намалено съдържанието на лизина, респективно биологичната им ценност, съпроводено от намаляване на усвояемостта, каквото, обаче при нископепелните екструдати не се констатира.

Изменението на мазнините при екстудиране води до тяхното стабилизиране. Повишава се разтворимостта на целулозата. Запазването на витамините до голяма степен зависи от параметрите на процеса.

4. Литература

1. Cardinale, G. (1983). Information on Nutritional Value of Extruded Snacks.
2. Chuvakhin, S. (1986). Mixers and extruders in the confectionery industry, TSNIIITEP, Pishcheprominform. "Confectionery industry", issue 3 (in Russian)
3. Clextral, S. A., J. Tayeb. (1988). La transformation de l'amidon.
4. Diosady, L. (1985). Degradation of Wheat Starch in a Single-screw Extruder: Mechano – kinetic breakdown of cooked starch. Journal of Food Science, vol. 50, No. 6.
5. Fornal, L. (1986). The extrusion cooking an a low energy method for utilization of

proven (Cardinale, 1983). With micrographs, the presence of preserved starch was found (Fornal, 1986).

3. Conclusion

Based on the structural changes of the various components in the extruded raw materials and their study and good knowledge, a number of raw materials, sources of extruded food products, can be used as fertilizers.

The transformation of starch, proteins and fats in extrusion makes them easy to use, and the extrudate – a high quality, balanced amino acid, carbohydrate and vitamin composition, pleasant and useful for consumption.

The content of starch and fat in the extrudate was reduced and the protein content increased. In the case of wholegrain extrudates, the lysine content or their biological value is reduced, as well as the decrease in digestibility, which, however, is not found in the low-melt extrudates.

Fat change in extrusion leads to their stabilization. The solubility of the cellulose increases. The preservation of vitamins depends to a large extent on the parameters of the process.

4. References

1. Cardinale, G. (1983). Information on Nutritional Value of Extruded Snacks.
2. Chuvakhin, S. (1986). Mixers and extruders in the confectionery industry, TSNIIITEP, Pishcheprominform. "Confectionery industry", issue 3 (in Russian)
3. Clextral, S. A., J. Tayeb. (1988). La transformation de l'amidon.
4. Diosady, L. (1985). Degradation of Wheat Starch in a Single-screw Extruder: Mechano – kinetic breakdown of cooked starch. Journal of Food Science, vol. 50, No. 6.
5. Fornal, L. (1986). The extrusion cooking an a low energy method for utilization of

- cereal flours and milk proteins to produce new food. International YOFOST symposium, Poland, 22 – 24.
6. Glovinkovska, M., B. Yastimzhembar, B. Rataitchak. (1987). Extrusion processing of products starch-stream production, overview information, International Industry System of Scientific and Technical Information on Food Industry MOS, Pishcheprominform (in Russian)
 7. Harper, J. M. (1986). Extrusion texturization of foods. Food Technology. 40 (3): 70 – 76.
 8. Hauck, B.W. (1981). Process Variables and their Control for the Production of Expanded products by Extrusion Cooking, Sabetha, KS, pp. 29-30.
 9. Kashkavaldjiev, I. (1987). Message of extruded products manufacturing TSEHP town. Karlovo, reports and messages of national "Extrusion Food" meeting (in Bulgarian)
 10. Mathionthi, M. (1992). Fonctionnalité et utilisation des fibres alimentaires dans les produits de cuisson. 9 Congrès international des céréales et du pain, Paris, 1 – 5 Juin.
 11. Ostrikov, A. N., O. V. Abramov, A. S. Rudometkin. (2004). Extrusion in food technologies. St. Petersburg, GIORD (in Russian)
 12. Paton, D. (1982). Analytical problems in Extrusion Cooking. 7th World Cereal and Bread Congress, Prague.
 13. Penov, ND, T.V. Petrova, M.M. Ruskova. (2012). Extrusion - a modern and efficient technology for food production. International Scientific and Practical Conference "Food, Technology and Health". Proceedings. Plovdiv. pp. 43-48 (in Bulgarian)
 14. Riaz, M. (2000). Extruders in Food Applications. CRC Press. Taylor & Francis Group LLC. USA. 225 p.
 15. Schneeweib, R., E. Maack, W. Schnelle. (1983). Die Extrusion ein technologisches Verfahren zur Herstellung von Lebensmitteln, Lebensmittelindustrie, № 3, s. 391 – 396.
 16. Smith, O. B. (1975). Extrusion and forming; creating new foods. Food Engineering. 7:48.
 17. Stanbley, D. (1986). Chemical and structural determinants of texture of fabricated food. Food Technology, Vol. 40, № 3, pp. 65 – 68, 76.
 18. Velchev, I. (1986). Big opportunities for high efficiency production. "Food Industry" magazine, 1 (in Bulgarian)

Контакти

гл. ас. д-р Иван Енчев Димов
Тракийски университет – Стара Загора,
Факултет „Техника и технологии“
гр. Ямбол, 8600, ул. „Граф Игнатиев“ № 38
e-mail: ivendi_81@abv.bg

Contacts:

Assist. Prof. PhD Ivan Enchev Dimov
Trakia University – Stara Zagora
Faculty of Technics and Technologies,
8600, Yambol, Bulgaria,
38, Graf Ignatiev Str.
e-mail: ivendi_81@abv.bg