

ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ПРОТЕИНА У ПРОТЕИНСКИМ ДОДАЦИМА ИСХРАНИ

Данијела Пантовић, Татјана Недељковић, Драгана Јовић

Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут”, Београд, Србија

DETERMINATION OF PROTEIN CONTENT IN PROTEIN DIETARY SUPPLEMENTS

Danijela Pantović, Tatjana Nedeljković, Dragana Jović

Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut", Belgrade, Serbia

Сажетак

У свету се током последње деценије бележи значајан пораст интересовања за протеинске додатке исхрани како међу професионалним спортистима и рекреативцима, тако и међу општом популацијом. Све већа доступност и разноликост протеинских додатака на тржишту захтева контролу квалитета и проверу сагласности са декларисаним нутритивним саставом. Тачност навода о садржају протеина у комерцијалним суплементима представља важан аспект означавања производа и заштите потрошача. У овом раду, урађена је анализа Одређивање садржаја протеина Кјелдаловом методом (енгл. *Kjeldahl method*) у протеинским додацима исхрани, да би се утврдило да ли добијене вредности одговарају декларисаним вредностима протеина. Урађена је анализа 30 различитих узорак протеинских додатака исхрани прикупљених на тржишту града Београда. Резултати овог испитивања су показали да већина анализираних узорак има садржај протеина у складу са декларисаним вредностима, али и да у појединим случајевима може доћи до одступања између декларисаног и стварног састава производа. Применом валидованих аналитичких метода могуће је поуздано открити таква одступања, што је од кључног значаја за контролу квалитета и заштиту потрошача. Испитивања овог типа доприносе бољем разумевању суплемената и представљају научну основу за унапређење и заштиту јавног здравља и подизање стандарда квалитета у области додатака исхрани.

Кључне речи: протеински додаци исхрани, протеини, енергија, Кјелдалова метода

Abstract

Over the last decade, there has been a considerable global increase in interest in protein dietary supplements, both among professional athletes, recreational athletes, and in the general population. Increasing availability and diversity of protein supplements in the market necessitates quality control and compliance verification with the declared nutritional composition. The accuracy of the declared protein content in commercial supplements is an important aspect of product labeling and consumer protection. In this paper, an analysis was conducted determining protein content in protein dietary supplements using the Kjeldahl method, to determine whether the obtained values match the declared protein values. An analysis was performed of 30 different samples of protein dietary supplements collected from the market in the city of Belgrade. The results of this test showed that most of the analyzed samples had protein content consistent with the declared values, but also that there may be cases of a discrepancy between the declared and actual composition of the product. The application of validated analytical methods enables reliable detection of such inconsistencies, which is crucial for quality control and consumer protection. Studies of this type contribute to a better understanding of supplements and provide a scientific base for improving and safeguarding public health and raising quality standards in the field of dietary supplements.

Key words: protein dietary supplements, protein, energy, the Kjeldahl method

Увод

У свету се током последње деценије бележи значајан пораст интересовања за протеинске додатке исхрани како међу професионалним спортистима и рекреативцима, тако и међу општом популацијом [1–4]. Протеински додаци исхрани су прехранбени производи који припадају групи додатака исхрани (дијететских суплемената) и представљају концентроване изворе протеина или аминокиселина (животињског, биљног порекла или њихове комбинације) намењених допуни уобичајене исхране, али нису намењени као замена за комплетне оброке [5, 6]. Количина протеина у протеинским додацима исхрани условљена је комбинацијом технолошких, нутриционистичких, регулаторних и тржишних фактора, а сврха производа и циљна популација до-

Introduction

Over the last decade, there has been an increased global interest in protein dietary supplements both in professional athletes and recreational athletes, and in the general population [1–4]. Protein dietary supplements are nutritional products that fall under the food supplement group (dietary supplements) and are concentrated sources of protein or amino-acids (of animal origin, plant origin, or a combination thereof) made to supplement the usual diet, but are not intended to substitute whole meals [5, 6]. The amount of protein in protein dietary supplements is conditioned by a combination of technological, nutritional, regulatory and market factors, and the purpose of the product and target population further shape the amount of protein per meal. Thus, products intended for athletes typically contain

датно обликују количину протеина по оброку. Тако, производи намењени спортистима обично садрже 20–30 грама протеина по порцији, док су формулације за старије особе или особе у опоравку углавном у распону од 10 до 15 грама. Код производа који се користе као замена за оброк, садржај протеина најчешће бива у распону између 15 и 25 грама, уз додатак угљених хидрата и масти, ради обезбеђивања потпуне нутритивне вредности. Иако не постоји законски прописан максимум за садржај протеина у додацима исхрани, произвођачи обично следе препоручени дневни унос (RDA/DRI), који износи приближно 0,8 грама/килограму телесне масе за општу популацију, односно 1,2–2,0 грама/килограму за физички активне особе [7]. У складу са тим, појединачни протеински додаци исхрани обично обезбеђују између 20 и 30% препорученог дневног уноса протеина по једној порцији.

Њихов нутритивни састав, аминокиселински профил и брзина апсорпције варирају у зависности од порекла протеина и технолошке обраде, тако да биолошка расположивост у великој мери зависи од:

- квалитета и дистрибуције есенцијалних аминокиселина, која је генерално већа код животињских извора – чији DIAAS (енгл. *Digestible Indispensable Amino Acid Score*) најчешће прелази 100 – него код биљних извора, који често имају ниже резултате [8];
- разлике у сварљивости и апсорпцији, где животињски протеини показују већу искористивост, а биљни извори, који често садрже антинутријенте (нпр. фитате, дијетна влакна), могу умањити дигестију и биорасположивост аминокиселина [9, 10].

Са аспекта декларисања, Правилник о декларисању хране у Републици Србији („Сл. гласник РС”, бр. 19/2017 и 16/2022) захтева јасно навођење количине протеина у грамима на декларацији производа, као и избегавања обмањујућих тврдњи. На пример, ознака „висок садржај протеина” може се користити само уколико најмање 20% енергетске вредности производа потиче из протеина, што је усклађено са стандардима преузетим из законодавства Европске уније [11]. Услед све веће разноликости ових производа, а ради бољег разумевања њихових нутритивних својстава, функционалне примене и лакше упоредне анализе, јавља се потреба за њиховом стандардизованом класификацијом [12]. У даљем тексту биће детаљније описане основне врсте протеинских суплемената и извори протеина у саставу протеинских додатака исхрани.

20–30 grams of protein per portion, while formulations for the elderly or those in recovery are generally in the 10–15-gram range. In products used as a substitute for a meal, the protein content is usually in the range between 15 and 25 grams, with the addition of carbohydrates and fats, for ensuring a complete nutritional value. Although there is no legally-prescribed maximum content of protein in dietary supplements, producers usually follow the recommended daily intake (RDA/DRI), which is around 0.8 grams/kilogram of the body mass index for the general population, or 1.2–2.0 grams/kilogram for physically active people [7]. Accordingly, individual protein dietary supplements usually provide between 20 and 30% recommended daily protein intake per portion.

Their nutritional composition, amino-acid profile, and absorption rate vary depending on the origin of the protein and its technological processing, therefore the bioavailability greatly depends on:

- The quality and distribution of essential amino acids, which is generally greater in animal sources — whose DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score) is usually over 100 — than in plant sources, which often have lower scores [8];
- Differences in digestibility and absorption, where animal proteins display greater utilization, and plant sources, that often contain antinutrients (e.g. phytates, diet fibers), may reduce digestion and bioavailability of amino acids [9, 10].

From the aspect of declaration, the Regulation on Declaration of Food in the Republic of Serbia (“Official Gazette of the RoS”, no. 19/2017 and 16/2022) prescribes that the amount of protein be clearly indicated in grams on the product label, as well as that misleading claims be avoided. For example, “high protein content” may be used only if at least 20% energy value of the product comes from protein, which is in line with the standards taken from the legislation of the European Union [11]. Due to the increasing diversity of these products, and for a better understanding of their nutritional properties, functional application and for easier comparative analysis, a need arises for their standardized classification [12]. Thus, we will describe in more detail the main types of protein supplements and sources of protein contained in protein dietary supplements.

Types of protein dietary supplements

According to the nutritional composition and functional role, protein dietary supplements can be classified into three main categories:

Врсте протеинских додатака исхрани

Према нутритивном саставу и функционалној улози, протеински додаци исхрани могу се сврстати у три основне категорије:

а) Протеински производи као замена за оброк (енгл. *Meal replacements*)

Ова категорија обухвата производе који служе као комплетна замена за један или више obroka током дана. Карактеришу их избалансиране количине протеина, угљених хидрата, масти, дијететских влакана, као и есенцијалних витамина и минерала. Нутритивни профил ових производа је прецизно дефинисан, што их чини погодним за примену у програмима контроле телесне тежине, код особа са убрзаним животним темпом, као и у клиничкој исхрани. Најчешћи облици су готови напици или прашкови који се мешају са водом или млеком, са енергетском вредношћу између 200 и 400 kcal по порцији и садржајем протеина од 15 до 25 грама по сервирању [13, 14].

б) Протеински производи са високим уделом угљених хидрата (енгл. *Weight-gain supplements*)

Ови производи, познати и као *weight gainers*, формулисани су за особе које желе повећање телесне и мишићне масе. Садрже значајне количине угљених хидрата, често у односу 2:1 или 3:1 у односу на протеине, док укупни калоријски унос по порцији може прелазити 1000 kcal. Углавном се користе у фазама *bulking*-а код спортиста, код особа са убрзаним метаболизмом (ектоморфи), као и за опоравак након интензивне физичке активности [15, 16].

в) Високопротеински производи са ниским садржајем масти и угљених хидрата (енгл. *Lean protein supplements*)

Ова категорија обухвата препарате са високим процентом протеина ($\geq 85\%$), док су угљени хидрати и масти присутни у минималним количинама. Такав нутритивни профил резултат је примене напредних технологија пречишћавања, као што су микрофилтрација, ултрафилтрација и ензимска хидролиза, којима се из сировине уклања већина лактозе, липида и других непротеинских компоненти. У поређењу са протеинским концентратима, изолати и хидролизати пролазе кроз додатне фазе технолошке обраде, што омогућава добијање високо пречишћене протеинске фракције са минималним уделом пратећих нутријената. Типични представници су *whey protein isolate*, мицеларни казеин

а) Meal replacement

This category includes products used as a complete substitute for one or more daily meals. They are characterized by balanced amounts of protein, carbohydrates, fats, dietary fibers, as well as essential vitamins and minerals. The nutritional profile of these products is precisely defined, making them suitable for use in body weight control programs, in persons with a fast-paced life tempo, as well as in clinical diets. The most common forms are ready-made drinks or powders mixed with water or milk, with the energy value between 200 and 400 kcal per portion and the protein content from 15 to 25 g per serving [13, 14].

б) Weight-gain supplements

These products, also known as weight-gainers, are formulated for persons who want to increase body and muscle mass. They contain considerable amount of carbohydrates, often in 2:1 or 3:1 ratio compared to proteins, while the total caloric intake per portion may exceed 1000 kcal. They are mainly used in "bulking" phases in athletes, in persons with an accelerated metabolism (ectomorphs), as well as for recovery following intense physical activity [15, 16].

с) Lean protein supplements

This category includes preparations with a high percentage of protein ($\geq 85\%$), while carbohydrates and fats are present in minimal amounts. Such a nutritional profile results from the application of advanced purification technologies, such as microfiltration, ultrafiltration and enzymatic hydrolysis that remove most of the lactose, lipids and other non-protein components from the raw material. Compared to protein concentrates, isolates and hydrolysates undergo additional stages of technological processing, which allows obtaining a highly purified protein fraction with a minimal content of accompanying nutrients. The typical representatives are whey protein isolate, micellar casein and hydrolyzed proteins. They are most often included in diet regimens that require high intake of protein with a strictly controlled macronutrient composition, including regimens with reduced total energy intake. Due to the absorption rate and high biological values, these supplements are considered efficient in the post-training period [17–19]. Although in practice certain names of products may partly overlap, clear distinction between meal replacements, calorie gainers and pure high-protein formulas low in fat and carbohydrates allows for a precise classification and purposeful user education.

и хидролизоване протеине. Најчешће се укључују у дијететске режиме који захтевају високопротеински унос уз строго контролисан макронутритивни састав, укључујући и режиме са редукованим укупним енергетским уносом. Због брзине апсорпције и високе биолошке вредности, ови суплементи се сматрају ефикасним у пост-тренинг периоду [17–19]. Иако се у пракси одређени називи производа могу делимично преклапати, јасно разграничење између замена за оброк, калоријских гејнера и чистих високопротеинских формула са ниским уделом масти и угљених хидрата омогућава прецизнију класификацију и сврсисходну едукацију корисника.

Табела 1. Преглед нутритивних вредности најчешће коришћених протеинских додатака исхрани, изражен на 30 грама праха

Врсте протеинских додатака исхрани <i>Type of protein dietary supplement</i>	Енергија (kcal) <i>Energy (kcal)</i>	Протеини (g) <i>Protein (g)</i>	Масти (g) <i>Fats (g)</i>	Угљени хидрати (g) <i>Carbohydrates (g)</i>	BCAA (g)
Концентрат сурутке <i>Whey concentrate</i>	120–130	22–24	2,0–3,0	2,0–4,0	~6,5
Изолат сурутке <i>Whey isolate</i>	110–120	26–27	0,5–1,0	<1,0	~6,8
Хидролизат сурутке <i>Whey hydrolysate</i>	110–120	25–27	0,5–1,0	<1,0	~7,0
Мицеларни казеин <i>Micellar casein</i>	110–120	23–25	1,0–2,0	1,5–3,0	~5,8
Сојин протеин <i>Soy protein</i>	110–120	23–26	1,0–2,5	0,5–2,0	~5,0
Грашков протеин <i>Pea protein</i>	105–115	22–25	1,0–2,0	1,0–2,0	~5,0
Протеин беланца <i>Egg white protein</i>	110–120	23–25	0,0–1,0	1,0–2,0	~6,2
Говеђи протеин <i>Beef protein</i>	120–130	25–27	0,5–1,5	<1,0	~5,5
Протеин бленд <i>Protein blend</i>	120–140	22–25	2,0–4,0	2,0–5,0	~6,0

Table 1. Overview of the nutritional values of the most commonly used protein dietary supplements, expressed per 30 grams of powder

Табела приказује приближне нутритивне вредности најчешће коришћених протеинских додатака исхрани (енергетску вредност, садржај протеина, масти, угљених хидрата и аминокиселина разгранатог ланца (енгл. *Branched-chain amino acids*, BCAA)), које могу варирати у зависности од порекла протеинског извора и произвођача.

Извори протеина у саставу протеинских додатака исхрани

Најчешће коришћени извори протеина у саставу протеинских додатака исхрани су протеини сурутке (енгл. *whey*), казеин, биљни протеини (соја, грашак, пиринач), као и њихове комбинације које омогућавају различите профиле ослобађања аминокиселина. Поред њих, у

The table shows approximate nutritional values of the most-often used protein dietary supplements (energy values, protein volume, fats, carbohydrates and Branched-chain amino acids - BCAA, which may vary depending on the protein source, origin and the producer.

Protein sources in the composition of protein dietary supplements

The most used protein sources in the composition of protein dietary supplements are whey proteins, casein, plant proteins (soy, peas, rice), as well as combinations thereof which allow different amino acids release profiles. In addition, specific amino acid supplements such as collagen, creatine, BCAA, glutamine, L-carnitine and L-arginine are also in use.

употреби су и специфични аминокиселински суплементи као што су колаген, креатин, BCAA, глутамин, L-карнитин и L-аргинин.

Сурутка је споредни производ млека, настаје у производњи сира и казеина, где се сушењем добија сурутка у праху која мора да испуњава одређене захтеве за укупни садржај протеина. Сматра се висококвалитетним протеином јер садржи велики број есенцијалних аминокиселина које се брзо апсорбују у организму. *Whey* суплементи имају високе нутритивне вредности у поређењу са другим протеинским додацима исхрани, а на тржишту су присутни у облику концентрата, изолата и хидролизата. Концентрат има већу количину лактозе и липида, док изолат садржи око 90% протеина уз минималан садржај лактозе и липида, погодан за особе интолерантне на лактозу. Хидролизат садржи и до 95% протеина, не садржи лактозу и липиде и нема додатне угљене хидрате.

Казеин је главни протеин говеђег млека и чини око 80% укупног протеинског садржаја. Извлачи се процесом ултрафилтрације и карактерише га нерастворљивост. Богат је пролином и глутаминском киселином, као и другим аминокиселинама као што су валин, лизин, леуцин и аспарагинска киселина. Захваљујући саставу казеин се споро разграђује, што резултује постепеним ослобађањем азота, споријом дигестијом која може трајати и до седам сати.

Производи биљних протеина (соја, грашак, пиринач) за протеинске додатке исхрани најчешће су високо концентровани и могу користити као основа у разним, другим протеинским суплементима. Биљни протеини се, као и животињски, разлажу у дигестивном систему на мање компоненте – аминокиселине – које организам користи за синтезу својих протеина. Међутим, дигестија биљних протеина је често нешто спорија и мање потпуна у поређењу са млечним протеинима, због присуства влакана и антинутријената као што су фитати и лектини, који могу смањити приступ ензимима.

Колаген је најзаступљенији протеин у људском телу, чинећи око 30% укупног протеина. Састоји се од аминокиселина као што су глицин, хидроксипролин, пролин и хидроксилизин, које су састојци коже, костију и везивног ткива. Основна сировина за производњу ових додатака исхрани најчешће потиче из животињских извора, укључујући говеђи, свињски и рибљи колаген. У зависности од порекла, разликују се по саставу, укусу, степену чистоће и технолошкој обради. Најчешћи облик који се користи у производима је хидролизован колаген (колаген пептиди), који је подвргнут процесу

Whey is a by-product of milk, it occurs in the production of cheese and casein, whereby drying produces whey powder that must meet certain requirements for total protein volume. It is considered a low-quality protein as it contains a large number of essential amino acids that are quickly absorbed in the organism. Whey supplements have high nutritive values compared to other protein dietary supplements, and they are sold on the market as concentrate, isolates and hydrolyzates. Concentrate has higher amount of lactose and lipids, while isolate contains around 90% of protein with minimal content of lactose and lipids, suitable for lactose intolerant people. Hydrolyzate can contain a maximum of 95% of protein, does not contain lactose and lipids and has no additional carbohydrates.

Casein is the main protein in cow's milk and makes up around 80% of the total protein volume. It is extracted through the process of ultrafiltration and is characterized by insolubility. It is rich in proline and glutamic acid, as well as in other amino acids such as valine, lysine, leucine and aspartic acid. Due to its composition, casein is slowly broken down, which results in a gradual release of nitrogen, a slower digestion that can last up to seven hours.

Plant protein products (soy, peas, rice) for protein dietary supplements are usually highly concentrated and can be used as the basis in various other protein supplements. Like animal proteins, plant proteins are also broken down in the digestive system into smaller components – amino acids – which the organism uses for the synthesis of its proteins. However, the digestion of plant proteins is often slower and less complete compared to proteins from milk, due to the presence of fibers and antinutrients such as phytates and lectins, which can reduce access to enzymes.

Collagen is the most abundant protein in the human body, making up around 30% of total protein content. It is composed of amino acids like glycine, hydroxyproline, proline and hydroxylysine, which are components of skin, bones and connective tissue. The basic raw materials for the production of these dietary supplements most often come from animal sources, including beef, pork and fish collagen. Depending on the origin, they differ in composition, flavor, degree of purity and in terms of technological processing. The most common form used in products is hydrolyzed collagen (collagen peptides), which undergoes the process of enzymatic breakdown for better solubility and easier absorption. Through digestion, collagen breaks down in the body into smaller peptides and free amino acids. Hydrolyzed collagen peptides, as a form of collagen supplements, are easily absorbed.

ензимске разградње ради боље растворљивости и лакше апсорпције. Дигестијом, колаген се у телу разлаже на мање пептиде и слободне аминокиселине. Хидролизоване колагенске пептиде, као облик колагенских суплемената, лако се апсорбују.

Креатин монохидрат представља најчешћи облик креатинских суплемената. Обично се производи од хемијских прекурсора као што су цијанамид и саркозин, а карактерише га висок степен чистоће и стабилности. Након уноса, креатин монохидрат се у дигестивном тракту претвара у слободни креатин, који се апсорбује у танком цреву и транспортује у мишићне ћелије. У мишићима, креатин се претвара у фосфокреатин, који служи као брзи резервни извор фосфата за ресинтезу АТП-а током краткотрајних, интензивних физичких активности. Креатин се у организму природно синтетише из аргинина, глицина и метионина, углавном у јетри и бубрезима, након чега се складишти у мишићима као важан енергетски ресурс.

BCAA суплементи, односно аминокиселине разгранатог ланца, најчешће се производе у облику прашка, а доступни су и као таблете, капсуле или течни концентрати. Они садрже три есенцијалне аминокиселине – валин, леуцин и изолеуцин – које људски организам не може синтетисати, па је неопходан њихов унос кроз исхрану или суплементе. Суплементација BCAA се примењује ради обезбеђивања адекватног уноса ових есенцијалних аминокиселина у условима повећаних потреба, као што су интензивни физички тренинзи или дијететски режими са смањеним уносом калорија. У организму, BCAA улазе у састав мишићних протеина и имају примарну структурну улогу у мишићном ткиву, доприносећи одржавању и обнови мишићне масе.

Глутамин је неесенцијална аминокиселина која се синтетише у организму, а такође се уноси и исхраном. За комерцијалну употребу, глутамин се углавном производи индустријском ферментацијом микроорганизама, као што је *Corynebacterium glutamicum*, чиме се обезбеђује висок степен чистоће и конзистентност састава. У суплементима је најчешће присутан као L-глутамин, облик који се сматра биорасположивим, а прашкасти облици се одликују добром растворљивошћу у води и другим напицима.

Протеин беланца јаја (енгл. *egg white protein*) добија се из беланца јајета, обично путем пастеризације и спреј-сушења након уклањања воде, масти и угљених хидрата. Овај облик протеина спада у категорију комплетних протеина, јер садржи све есенцијалне аминокиселине. У комерцијалне сврхе најчешће се користи

Creatine monohydrate is the most common form of creatine supplements. It is usually produced from chemical precursors such as cyanamide and sarcosine, and is characterized by a high level of purity and stability. After ingestion, in the digestive tract, creatine monohydrate is converted into free creatine, which is absorbed in the small intestine and transported into muscle cells. In muscles, creatine is converted to phosphocreatine, which serves as a quick reserve source of phosphate for ATP resynthesis during short-term, intense physical activities. Creatine is naturally synthesized in the organism from arginine, glycine and methionine, mainly in the liver and kidneys, after which it is stored in the muscles as an important energy resource.

BCAA supplements, i.e., branched-chain amino acids, are usually produced as powder, and are also available as tablets, capsules or liquid concentrates. They contain three essential amino acids – valine, leucine and isoleucine – which the human organism cannot synthesize, so it is necessary to take them through food or supplements. BCAA supplementation is used to ensure adequate intake of these essential amino acids in conditions of increased need, such as intense physical training or diet regimens with reduced calorie intake. In the organism, BCAA supplements enter the composition of muscle proteins and have a primary structural role in muscle tissue, contributing to the maintenance and restoration of muscle mass.

Glutamine is a non-essential amino acid synthesized in the organism, and also ingested through diet. For commercial use, glutamine is usually produced through industrial fermentation of microorganisms, such as *Corynebacterium glutamicum*, which ensures a high level of purity and consistency of the composition. In supplements, it is usually found as L-glutamine, a form that is considered bioavailable, and powder forms are characterized by good solubility in water and other beverages.

Egg white protein is obtained from egg whites, usually by pasteurization and spray-drying after removal of water, fats and carbohydrates. This form of protein falls in the category of complete protein, as it contains all essential amino acids. Commercially, it is most often used as powder. The typical amount of protein in dry egg white powder is over 80-85%, depending on the degree of processing. Due to the minimal fat content in the egg white, egg white protein is a suitable source of high-quality protein for the athlete population. Compared to whey proteins, it is absorbed slower, which may affect the speed of availability of amino acids after consumption.

L-carnitine is a natural substance which is produced in the organism from the amino acids lysine and methionine,

у облику праха. Типична количина протеина у сувом праху беланца износи преко 80–85%, у зависности од степена прераде. Због минималног садржаја масти у беланцу, протеин беланца јаја представља погодан извор висококвалитетних протеина за спортску популацију. У поређењу са протеинима сурутке, апсорбује се спорије, што може утицати на брзину доступности аминокиселина након конзумирања.

Л-карнитин (Л-карнитин) је природна супстанца која у организму настаје из аминокиселина лизина и метионина, уз учешће више кофактора, укључујући витамин Ц, витамин Б6, ниацин и гвожђе. Л-карнитин има улогу у транспорту масних киселина у митохондрије, где се користе као енергија битна за скелетне мишиће. Без довољне количине Л-карнитина масне киселине не могу ући у митохондрије, што доводи до слабијег сагоревања масти. Код особа које тренирају, суплементација Л-карнитина смањује оштећење мишића након тренинга, омогућава бржи опоравак и смањује умор. У комерцијалне сврхе, Л-карнитин се производи индустријском синтезом или биотехнолошким процесима, чиме се обезбеђује висок степен чистоће супстанце.

with the participation of several factors, including vitamin C, vitamin B6, niacin and iron. L-carnitine has a role in the transport of fatty acids into mitochondria, where they are used as energy important for skeletal muscles. Without sufficient L-carnitine, fatty acids cannot enter the mitochondria, which leads to poorer fat burning. In persons who exercise, L-carnitine supplementation reduces muscle damage after training, enables faster recovery and reduces fatigue. Commercially, L-carnitine is produced by industrial synthesis or biotechnological processes, which ensures high level of purity of the substance.

Табела 2. Аминокиселински профил најчешће коришћених протеинских додатака исхрани, изражен на 100 грама протеина

Table 2. Amino-acid profile of the most commonly used protein dietary supplements, expressed per 100 grams of protein

Аминокиселина (g) <i>Amino acid (g)</i>	Протеин сурутке <i>Whey protein</i>	Казеин <i>Casein</i>	Сојин протеин <i>Soy protein</i>	Грашков протеин <i>Pea protein</i>	Протеин јаја <i>Egg protein</i>
<i>Leucine</i> (BCAA)	10,6	8,0	8,0	7,9	8,6
<i>Isoleucine</i> (BCAA)	6,4	4,9	4,8	4,6	5,3
<i>Valine</i> (BCAA)	5,9	6,5	5,0	5,3	6,6
<i>Lysine</i>	9,6	7,4	6,4	6,0	7,0
<i>Methionine + Cystine</i>	2,4	2,7	1,4	1,0	4,2
<i>Phenylalanine</i>	3,2	4,6	5,1	4,6	5,1
<i>Threonine</i>	6,8	3,8	3,9	4,1	4,7
<i>Tryptophan</i>	1,5	1,3	1,2	1,0	1,5
<i>Histidine</i>	1,7	2,7	2,5	2,1	2,3
<i>Arginine</i>	2,6	3,3	7,0	7,8	4,0
Укупни BCAA <i>Total BCAA</i>	22,9	19,4	17,8	17,8	20,5

Табела 2 приказује аминокиселински профил најчешће коришћених протеинских додатака исхрани, изражен

Table 2 shows the amino acid profile of the most commonly used protein dietary supplements, expressed per 100 g

по 100 g протеина. У табели су наведене основне есенцијалне и неесенцијалне аминокиселине, са посебним нагласком на аминокиселине разгранатог ланца (BCAA: леуцин, изолеуцин и валин). Приказани садржај аминокиселина представља приближне вредности, које могу варирати у зависности од порекла протеинског извора и технологије производње конкретног производа.

Све већа доступност и разноликост протеинских додатака на тржишту захтева контролу квалитета и проверу сагласности са декларисаним нутритивним саставом. У том контексту, Кјелдалова метода се и даље сматра референтном методом за квантитативну анализу укупног азота, омогућавајући прецизно одређивање укупног протеинског садржаја у додацима исхрани и дијететским производима. Циљ овог рада био је да се одреди стварни садржај протеина у узорцима протеинских додатака исхрани, исти упореди са декларисаним вредностима и утврди да ли евентуална одступања прелазе регулаторно дозвољене границе.

Материјал и методе

Узорци

Анализирано је 30 узорака протеинских додатака исхрани са тржишта града Београда. Одабрани узорци потичу из популације дијететских суплемената са јасно декларисаним протеинским садржајем и препорученом дневном дозом. У оквиру одабране популације, узорци су изабрани на насумичан начин уз процену удела протеина у укупној енергетској вредности (>20%), како би се обезбедила релевантност за анализу и елиминисали производи са ниским уделом протеина. Избор узорака је извршен без обзира на произвођача или бренд, чиме је минимизована могућа пристрасност.

Припрема узорака

Пре анализе, сви узорци су добро хомогенизовани, а потом разложени у концентрованој сумпорној киселини уз додатак катализатора селена. Након разарања, раствори су разблажени, алкализисани раствором NaOH и подвргнути дестилацији у присуству борне киселине и индикатора. Добијени дестилати су иститрирани стандардним раствором сумпорне киселине до појаве карактеристичне промене боје. Као контрола, паралелно је спроведена и слепа проба. Паралелно са узорцима, обрађиван је и референтни материјал ради контроле тачности мерења.

of protein. The table lists the main essential and non-essential amino acids, with special emphasis on branched-chain amino acids (BCAA: leucine, isoleucine and valine). The presented amino-acid content shows an approximate value, which may vary depending on the origin of the protein source and the production technology of the specific product.

The increasing availability and diversity of protein supplements in the market requires quality control and compliance check with the declared nutritional composition. In this context, the Kjeldahl method is still considered the referential method for quantitative analysis of total nitrogen, allowing for precise determination of total protein volume in dietary supplements and dietary products. The aim of this paper was to determine the actual protein volume in the samples of protein dietary supplements, to compare it with the declared values and determine whether possible deviations exceed the limits permitted by the regulation.

Materials and methods

Samples

We analyzed 30 samples of protein dietary supplements from the market in the City of Belgrade. The selected samples come from the population of dietary supplements with clearly declared protein content and recommended daily dose. Within the selected population, samples were chosen randomly with an estimate of the proportion of protein in the total energy value (>20%), to ensure relevance for analysis and eliminate products with low protein volume. Samples were selected regardless of their producer or brand, thus minimizing possible bias.

Preparation of samples

Prior to analysis, all samples were properly homogenized, and then broken down in concentrated sulfuric acid with the addition of selenium catalyst. After breaking down, the solutions were diluted, alkalized with NaOH solution and subjected to distillation in the presence of boric acid and an indicator. The obtained distillates were titrated with a standard sulfuric acid solution until a characteristic change of color occurred. As a control, a blind test was conducted in parallel as well. Parallel with the samples, the reference material was also processed in order to control the accuracy of measuring.

Procedure for determining protein content

The protein volume in the samples was determined using the Kjeldahl method, according to the protocol "Determi-

Поступак одређивања садржаја протеина

Одређивање садржаја протеина у узорцима извршено је Кјелдаловом методом, према протоколу „Одређивање беланчевина из укупног азота – ВДМ-766 (волуметрија)”. Метод се заснива на разарању органске материје концентрованом H_2SO_4 у присуству селена, чиме се сав азот претвара у амонијум-сулфат. Алкализацијом раствора додавањем NaOH ослобађа се амонијак, који се дестилацијом преноси у раствор борне киселине са индикатором, након чега се титрише H_2SO_4 до промене боје. На основу укупног азота, садржај протеина се израчунава применом одговарајућег конверзионог фактора. Тачност методе је потврђена учешћем у међулабораторијском тестирању провајдера DRRR, FAPAS, LGS. Резултати анализе били су у опсегу ($-2 \leq z \leq 2$), што указује на поузданост и валидност примене методе у овој анализи.

Обрада података

Сви подаци су обрађени применом метода дескриптивне статистике. Резултати су представљени табеларно и описно анализирани. У оквиру описне статистике израчунати су релативни бројеви, као и минимум, максимум и опсег варирања, а поређени параметри су: аналитички одређен садржај укупног азота, аналитички одређени садржај протеина, декларисане вредности садржаја протеина, математички одређен дневни унос протеина добијених анализом, вредности препорученог дневног уноса протеина преузете са декларације.

Садржај протеина у узорцима израчунат је множењем аналитички одређеног садржаја азота са стандардним конверзионим фактором 6,25, који одговара просечном уделу азота у протеинима (16%).

Декларисане вредности протеина и енергетске вредности производа преузете су из нутритивних декларација производа, које представљају обавезу истицања према Правилнику о декларисању, означавању и рекламирању хране („Сл. гласник РС”, бр. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022 и 61/2024 - др. правилник). За приказ вредности одступања садржаја протеина коришћен је водич Европске агенције за безбедност хране (EFSA) [20].

Резултати

У табели 3 приказани су резултати садржаја протеина у испитиваним узорцима протеинских додатака исхрани, израчунати на основу садржаја азота одређеног Кјелдаловом методом.

nation of proteins from total nitrogen – VDM-766 (volumetry)”. This method is based on the destruction of organic matter with concentrated H_2SO_4 in the presence of selenium, which converts all the nitrogen into ammonium-sulfate. Alkalization of the solution by adding NaOH releases ammonia, which, through distillation, is transferred into a boric acid solution with an indicator, after which H_2SO_4 is titrated until the color changes. Based on total nitrogen, the protein volume is calculated by applying the appropriate conversion factor. The accuracy of the method has been confirmed by participating in the interlaboratory testing of the providers DRRR, FAPAS, LGS. The results of the analysis were in the range ($-2 \leq z \leq 2$), which indicates the reliability and validity of the applied method in this analysis.

Data processing

All data were processed by applying the descriptive statistics methods. The results are presented in tables and descriptively analyzed. Within the descriptive analysis framework, relative numbers were calculated, as well as the minimum, maximum and variation range, and the compared parameters were: analytically determined total nitrogen content, analytically determined total protein content, the declared protein content values, mathematically determined daily protein intake obtained by analysis, values of the recommended daily protein intake taken from the declaration.

The protein content in the samples was calculated by multiplying the analytically determined nitrogen content by the standard conversion factor 6.25, which corresponds the average nitrogen content in proteins (16%).

The declared protein values and energy values of the products were taken from the nutritional declaration of the products, the display of which is provided for in the Regulation on the Declaration, Labeling and Advertising of Food (“Official Gazette of the RoS”, no. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022, and 61/2024 – other regulation). For displaying the protein content deviation values, we used the European Food Safety Authority's guide (EFSA) [20].

Results

Table 3 shows the results of protein content in the tested samples of protein dietary supplements, calculated based on the nitrogen volume determined by the Kjeldahl method.

Табела 3. Аналитички утврђене и декларисане вредности садржаја протеина у испитиваним узорцима протеинских додатака исхрани, изражених у g/100 g**Table 3.** Analytically determined and declared protein content values in the tested samples of protein dietary supplements, expressed in g/100 g

Редни број узорка <i>Ordinal number of sample</i>	Садржај протеина утврђеног Кједаловом методом <i>Protein content determined by Kjeldahl method</i> N x 6,25 g/100 g	Декларисана вредност протеина <i>Declared value of protein</i> g/100 g	Опсег дозвољеног одступања <i>Permitted deviation range</i> g/100 g	Дневни унос протеина израчунат на основу садржаја протеина <i>Daily intake of protein calculated based on protein content</i> g/100 g	Препоручени дневни унос протеина преузет са декларације <i>Recommended daily intake of protein taken from the declaration</i> g/100 g
1	36,83	38,4	30,7–46,1	39,0	40,7
2	34,70	33,5	26,8–40,2	36,8	35,51
3	36,33	36,5	29,2–43,8	38,5	38,7
4	77,8	75,4	67,4–83,4	23,3	22,6
5	73,79	72,9	64,9–80,9	22,1	21,9
6	77,72	79	71–87	23,3	23,4
7	71,94	79	71–87	21,6	23,7
8	84,49	85	77–93	25,3	25,5
9	74,22	80	72–88	22,3	24
10	71,39	76	68–84	21,4	22,8
11	74,63	76	68–84	22,4	22,8
12	73,10	76	68–84	21,9	22,8
13	73,87	75	67–83	22,2	22,5
14	72,21	75	68–83	21,7	22,5
15	72,48	75	67–83	21,7	22,5
16	71,76	75	67–83	21,5	22,5
17	83,66	80	72–88	25,1	24
18	68,26	75	67–83	20,5	22,5
19	72,42	75	67–83	21,7	22,5
20	74,61	76	68–84	22,4	22,8
21	73,26	76	68–84	21,9	22,8
22	72,0	76	68–84	21,6	22,8
23	77,8	79	71–87	23,3	23,7
24	83,35	79	71–87	25,0	23,7
25	72,67	79	71–87	21,8	23,7
26	74,5	79	71–87	22,3	23,7
27	51,3	40,6	32,5–48,7	14,4	11,4
28	92,2	93	85–100	9,2	9,3
29	98,6	100	92–100	5,9	6
30	96,6	96,6	88–100	2,9	3

Проценат енергије која потиче од протеина у укупној енергији производа налазио се у опсегу од 36,6% до 99,8%. Већина узорка (посебно узорци 4–26) имао је удео између 70% и 78%, што је типично за производе са високим садржајем протеина. Неколико производа (нпр. узорак 1, 2, 3 и 27) показало је знатно нижи удео енергије која потиче од протеина, што може указивати на додатак угљених хидрата или масти у формулацији. Разлике између анализираних и декларисаних вредности енергије која потиче из протеина у већини узорка

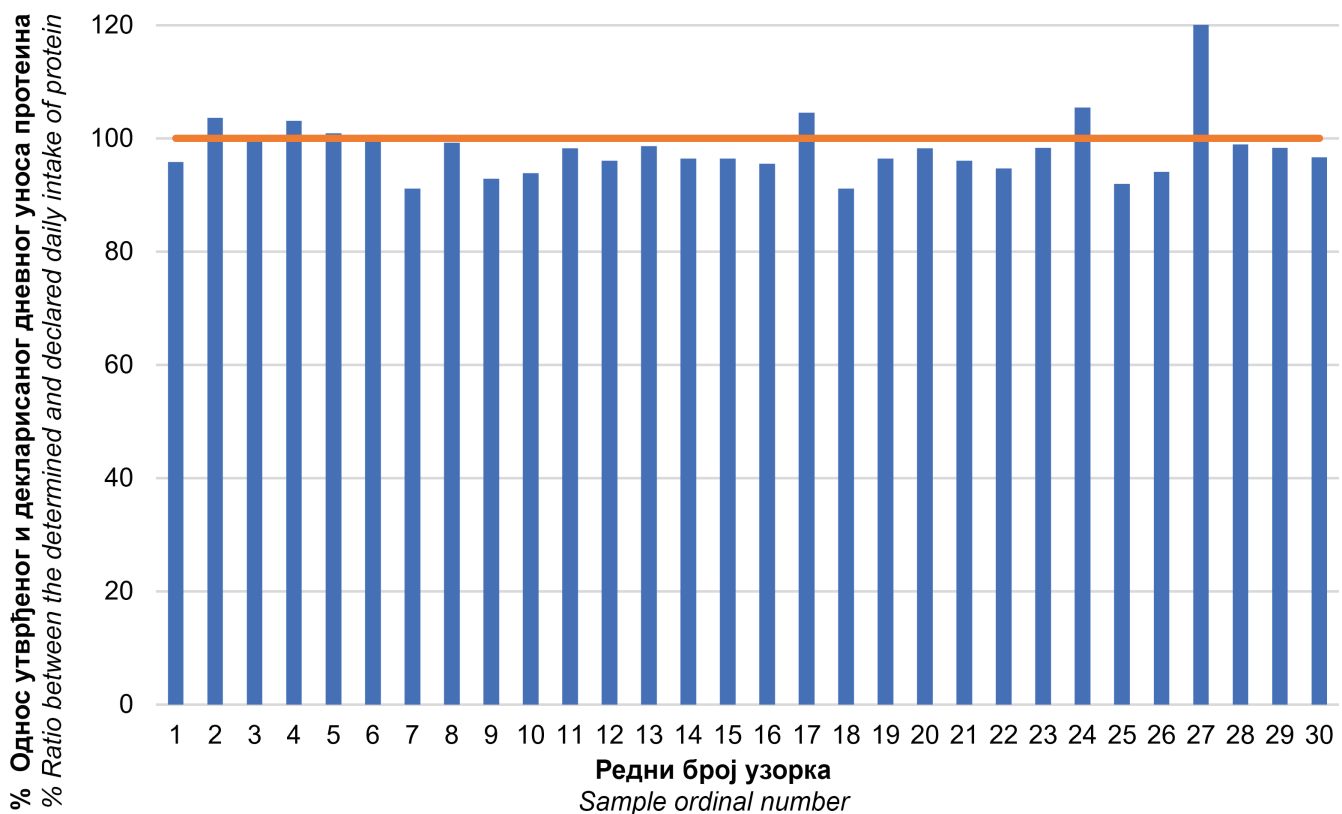
Percentage of energy coming from protein in the total energy of the product was in the range from 36,6% to 99,8%. Most of the samples (especially samples 4–26) had a volume between 70% and 78%, which is typical for products with a high protein content. Several products (e.g., sample 1, 2, 3 and 27) showed a considerably lower energy volume coming from protein, which may indicate the addition of carbohydrates or fat in the formulation. The differences between the analyzed and declared values of energy coming from protein, in most samples were relatively small, which

биле су релативно мале, што указује на добру усклађеност између стварног састава производа и података наведених на декларацијама. Такав налаз потврђује релативну поузданост декларисаних нутритивних вредности, што је од значаја за информисање потрошача и тачну процену дневног уноса макронутријената. Међутим, у појединим случајевима уочена су значајнија одступања која могу указивати на потенцијалне неправилности у декларисању или на варијабилност састава производа. Најизраженији пример представља узорак 27, код којег је измерени дневни унос протеина био скоро 3 g већи у односу на вредност наведену на декларацији, што је и графички приказано (графикон 1).

Графикон 1. Однос између утврђеног и декларисаног дневног уноса протеина код анализираних узорка протеинских додатака исхрани, изражен у процентима

indicates good agreement between the actual composition of the product and the data given on the declarations. Such a finding confirms the relative reliability of the declared nutritive values, which is important for informing consumers and accurately estimating daily macronutrient intake. However, in some cases, significant deviations were found that may indicate potential irregularities in the declaration or to variability in product composition. The most prominent example is sample 27, in which the measured daily protein intake was almost by 3 g higher than the value stated on the label, which is presented in the chart (Chart 1).

Chart 1. Ratio between the determined and declared daily intake of protein in analyzed samples of protein dietary supplements, given as a percentage



На графикону 1 на x оси приказани су редни бројеви испитиваних узорка, а на y оси однос између утврђеног и декларисаног дневног уноса протеина, изражен у процентима.

Chart 1, in the x axis shows the ordinal number of the tested samples, and in the y axis the ratio between the determined and declared daily intake of protein, given as a percentage.

Удео енергије из протеина, израчунат на основу лабораторијски утврђеног и декларисаног протеинског садржаја, приказан је у табели 4. За прорачун је коришћена стандардна енергетска вредност од 4 kcal по граму протеина.

The share of energy from protein, calculated based on the laboratory-found and declared protein volume, is shown in table 4. A standard energy value of 4 kcal per gram of protein was used for the calculation.

Табела 4. Енергетска вредност анализираних узорака додатака исхрани и удео енергије који потиче од протеина**Table 4.** Energy value of the analyzed samples of dietary supplements and the proportion of protein-derived energy

Редни број узорка <i>Ordinal number of sample</i>	Утврђена енергетска вредност производа <i>Determined energy value of the product</i> kcal/100 g	Енергија која потиче од протеина <i>Energy derived from protein</i> kcal/100 g	% Енергије у производу који потиче од протеина <i>% of energy in the protein-derived product</i>
1	382,5	147,3	38,5
2	378,9	138,8	36,6
3	370	145,3	39,3
4	398	311,2	78,2
5	394	295,2	74,9
6	398	310,9	78,1
7	408	287,8	70,5
8	357	337,96	94,7
9	400	296,9	74,2
10	391	285,6	73,0
11	391	298,5	76,3
12	391	292,4	74,8
13	388	295,5	76,2
14	388	288,8	74,4
15	388	289,9	74,7
16	388	287,0	74,0
17	388	334,6	86,2
18	388	273,0	70,4
19	388	289,7	74,7
20	387	298,4	77,1
21	387	293,0	75,7
22	387	288	74,4
23	399	311,2	78,0
24	399	333,4	83,6
25	399	290,7	72,9
26	399	298	74,7
27	333	205,2	61,6
28	377	368,8	97,8
29	395,2	394,4	99,8
30	350,5	342,9	97,8

Удео енергије из протеина у узорцима налазио се у интервалу од 36,6% до 99,8%, што указује на разлике у саставу анализираних производа. Најниже вредности забележене су код узорка 1 (38,5%), 2 (36,6%) и 3 (39,3%), што показује да значајан део укупне енергије у овим производима потиче из других макронутријената, пре свега угљених хидрата и/или масти. Насупрот томе, највећи проценат енергије из протеина утврђен је код узорка 29 (99,8%), 28 и 30 (по 97,8%), што сугерише да су ови производи формулисани скоро искључиво као извор протеина, са минималним уделом других нутријената. Већина узорка (нпр. узорци 4–26) показује

The proportion of energy from protein in the samples was in the range from 36.6% to 99.8%, which indicates differences in the composition of the analyzed products. The lowest values were noted in samples 1 (38.5%), 2 (36.6%) and 3 (39.3%), indicating that a significant portion of the total energy in these products comes from other macronutrients, primarily carbohydrates and/or fat. In contrast, the highest percentage of energy from protein was determined in samples 29 (99.8%), 28 and 30 (97.8% each), suggesting that these products were formulated almost exclusively as a protein source, with a minimal proportion of other nutrients. Most of the samples (e.g., samples 4–26) show

релативно уједначен и висок удео енергије из протеина, који се углавном креће у опсегу од 70 до 78%, што је у складу са очекивањима за ову категорију производа. У узорку 27, код којег је удео енергије из протеина износио 61,6%, знатно је нижа у поређењу са већином осталих узорка и може указивати на присуство већих количина других извора енергије или на одступања у односу на декларисане вредности.

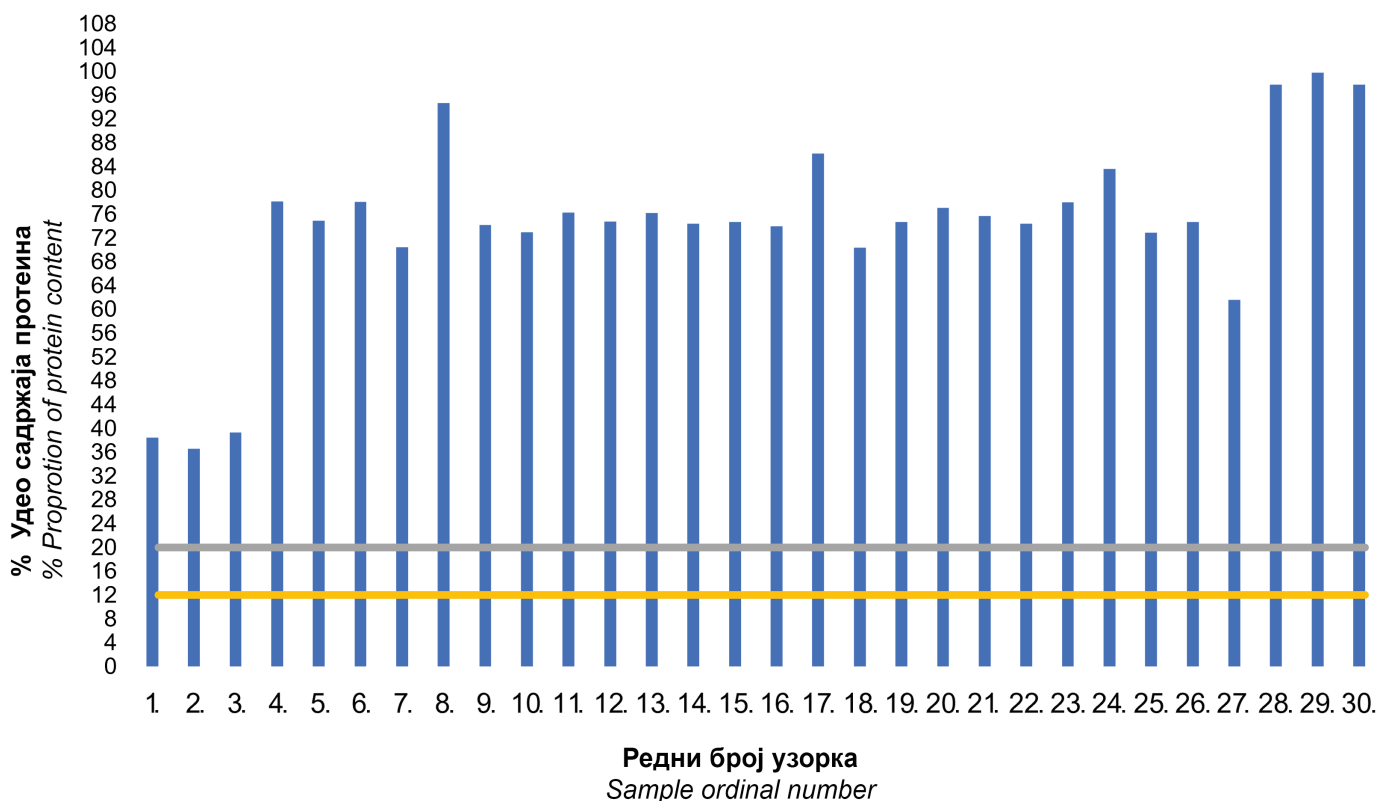
На графикону 2 на у оси приказан је процентуални удео садржаја протеина у испитиваним узорцима протеинских додатака исхрани у односу на вредности прописане Правилником о прехранбеним и здравственим изјавама које се наводе на декларацији хране („Сл. гласник РС”, бр. 51/2018, 103/2018, 110/2023 и 62/2025), док је на х оси представљен редни број испитиваних узорка.

Графикон 2. Приказ процентуалног учешћа садржаја протеина у испитиваним узорцима протеинских додатака исхрани у односу на вредности прописане важећим Правилником о прехранбеним и здравственим изјавама

a relatively uniform and high proportion of energy from proteins, mainly ranging from 70 to 78%, which is in line with the expectations for this product category. In sample 27, in which the proportion of energy from protein was 61.6%, it is considerably lower compared to most of the other samples and may indicate the presence of larger quantities of other energy sources or to deviations from the declared values.

Chart 2, in the y axis shows the percentage of protein content in the tested samples of protein dietary supplements compared to the values prescribed by the Regulation on Nutritional and Health Declarations on Food Labels (“Official Gazette of the RoS”, no. 51/2018, 103/2018, 110/2023 and 62/2025), while the x axis presents the ordinal number of the tested samples.

Chart 2. Presentation of percentage of protein content in the tested samples of protein dietary supplements compared to the values prescribed by the applicable Regulation on Nutritional and Health Declarations



Према наведеном Правилнику, сви испитивани узорци могу носити изјаву „богато протеинима” или „висок садржај протеина”.

Дискусија

У овом раду, анализа садржаја протеина у 30 различитих узорка протеинских додатака исхрани спрове-

According to the aforesaid Regulation, all tested samples can bear the declaration “rich in protein” or “high protein content”.

Discussion

In this paper, the analysis of protein content in 30 different samples of protein dietary supplements was conducted us-

дена је применом Кјелдалове методе, која омогућава одређивање укупног садржаја азота и његово прерачунавање у садржај протеина, уз примену одговарајућег конверзионог фактора. Тачност навода о садржају протеина у комерцијалним суплементима представља важан аспект означавања производа и заштите потрошача. Наши резултати показују да је већина испитаних узорака била унутар дозвољеног одступања од $\pm 20\%$ од декларисаног, што је у сагласности са резултатима доступних истраживања. [21–25]. Више студија указало је на постојање значајних одступања између декларисаних и стварно измерених вредности у одређеном броју производа који се налазе на тржишту. На пример, студија спроведена у Колумбији показала је да су испитани суплементи садржали знатно мању количину протеина у односу на декларисане вредности [26], док је у Турској измерени садржај протеина варирао од 75 до 117% у односу на декларисани [27]. Такође, европска истраживања показала су да је у појединим узорцима количина аминокиселина премашивала дозвољено одступање од $\pm 20\%$, као и да постоје одступања у садржају протеина и минерала у *whey* суплементима у односу на декларисане [28–29]. У складу са тим, и наши резултати о утврђеном садржају протеина указали су на значајна одступања код појединих узорака, посебно код узорка 27. Са становишта потрошача, одступања у којима је измерени садржај протеина знатно већи од декларисаног подједнако су значајна као и случајеви у којима је стварни садржај мањи од наведеног, јер такве разлике представљају проблем у смислу усклађености са регулаторним захтевима и поузданости информација наведених на декларацији. Неслагања, укључујући могуће погрешне ознаке на декларацији, могу довести до неправилне употребе производа од стране крајњих корисника и донети потенцијалне здравствене ризике, посебно у контексту медицинске или спортске дијететике. Ипак, резултате ове студије потребно је тумачити узимајући у обзир одређена ограничења. Највеће ограничење представља мали узорак од 30 протеинских додатака исхрани. Такође, анализа је спроведена искључиво применом Кјелдалове методе која, иако представља референтну методу за одређивање укупног азота и садржаја протеина, не разликује изворе азота и не открива евентуалне адитиве који могу утицати на прецизност мерења. Поред тога, студија није обухватила процену других нутритивних параметара суплемената, што представља додатно ограничење у потпуном процењивању квалитета производа. Упоредни подаци из европских земаља указују на сличне трендове, али је неопходно спровести даља, обимнија истраживања са већим бројем узорака како би се добила свеобухватнија слика о квалитету протеинских суплемената на тржишту. С обзиром на то да се протеински суплементи

using the Kjeldahl method, which allows for the determination of total nitrogen and its conversion into protein content, using the relevant conversion factor. The accuracy of declarations of protein content in commercial supplements is an important factor of product labeling and consumer protection. Our results show that most of the tested samples was within the permitted deviation of $\pm 20\%$ from the declared values, which is in line with the results of available studies. [21–25]. A number of studies indicated the existence of considerable deviations between the declared and actual measured values in a number of products on the market. For example, a study conducted in Colombia showed that the tested supplements contain considerably lower amount of protein compared to the declared values [26], while in Turkey, the measured protein content varied from 75 to 117% compared to the declared value [27]. Furthermore, European studies showed that, in some samples, the amount of amino acids exceeded the permitted deviation of $\pm 20\%$, and that there were discrepancies in the protein and mineral content of whey supplements compared to the declared values [28–29]. Accordingly, our results on the determined protein content indicated considerable deviations in certain samples, especially in sample 27. From a consumers' perspective, deviations in which the measured protein content is considerably higher than the declared value are equally significant as the cases in which the actual content is lower than the declared value, as such differences pose a problem in terms of compliance with regulatory requirements and the reliability of information given on the label. Discrepancies, including possible mislabeling on the label, may lead to incorrect use of the product by end users and pose potential health risks, especially in the context of medical or sports dietetics. Still, the results of this study need to be interpreted whilst taking into account certain limitations. The largest limitation is the small sample size of 30 protein dietary supplements. Also, the analysis was conducted exclusively using the Kjeldahl method which, although it is a reference method for determining total nitrogen and protein content, does not distinguish nitrogen sources and it does not detect possible additives that may affect the accuracy of the measurement. In addition, the study did not include an assessment of other nutritional parameters of the supplements, which is an additional limitation to fully assess the quality of the product. Comparative data from European countries indicate similar trends, but it is necessary to conduct further, more extensive research with more samples to get a more comprehensive picture of the quality of protein supplements on the market. Considering that protein supplements are often used as a supplement to total daily protein intake, especially in people with increased nutritional requirements, it is important to understand their actual contribution in diet. The recommended daily protein intake in adults is approx-

често користе као допуна укупном дневном уносу протеина, посебно код појединаца са повећаним нутритивним захтевима, важно је разумети и њихов стварни допринос у исхрани. Препоручени дневни унос протеина код одраслих особа износи приближно 0,8 g/kg телесне масе, док се код физички активнијих особа, спортиста и бодибилдера препоручује унос у распону од 1,2 до 2,0 g/kg, а у појединим случајевима и више [7]. Иако се адекватан унос протеина може обезбедити правилном исхраном, због специфичних нутритивних потреба, начина живота или спортских циљева, потрошачи прибегавају употреби протеинских додатака исхрани. Резултати ове студије пружају увид у то колико се протеина заиста обезбеђује путем ових производа и у којој мери се измерене вредности поклапају са декларисаним. Ово је од значаја не само за процену квалитета појединачних производа, већ и за разумевање њихове стварне улоге у исхрани потрошача. Док храна обезбеђује широк спектар нутријената, укључујући витамине, минерале, дијетна влакна и биолошки активна једињења, додаци исхрани (дијететски суплементи) представљају производе који допуњују уобичајену исхрану. Као што је раније наведено, суплементи су концентровани извори хранљивих састојака или других састојака са хранљивим или физиолошким ефектом, појединачно или у комбинацији, који се на тржишту налазе у дозираним облицима као што су капсуле, пастиле, таблете, кесице прашка, ампуле течности, бочице са капаљком и други слични облици намењени узимању у малим, дозираним количинама (према важећем правилнику). Ипак, суплементи не могу заменити храну као комплексни извор различитих нутријената.

Нарочито је важно разумети да висок садржај протеина у прехранбеном производу не значи нужно и већу нутритивну вредност. Биолошка вредност протеина, однос есенцијалних аминокиселина, као и присуство других нутријената или супстанци – попут шећера, засићених масти или адитива – имају значајан утицај на квалитет и нутритивну оправданост његове конзумације. Због тога, при процени квалитета протеинских додатака исхрани потребно је разматрати не само количину протеина, већ и њихов састав и функционалну вредност. Имајући у виду све већу присутност и потрошњу протеинских суплемената, као и потенцијалне разлике између декларисаних и стварних нутритивних вредности, неопходне су темељне анализе њиховог састава ради процене усклађености са важећим регулаторним оквиром и обезбеђивања научно утемељених података релевантних за нутриционику и јавноздравствену праксу. Неједначена или нетачна декларисања могу довести до прекомерног уноса или, у појединим случајевима, занемаривања других важних нутритивних потреба.

imately 0,8 g/kg of body mass, while in more physically active individuals, athletes and bodybuilders, the recommended intake ranges from 1,2 to 2,0 g/kg, and in some cases even more [7]. Although adequate protein intake can be ensured through a proper diet, due to specific nutritional needs, lifestyle or sports-related goals, consumers resort to the use of protein dietary supplements. The results of this study provide insight into how much protein these products actually provide and to what extent the measured values match the declared ones. This is important not only to assess the quality of individual products, but to understand their real role in the diet of consumers. While food provides a broad spectrum of nutrients, including vitamins, minerals, diet fibers and biologically active compounds, nutritional supplements (dietary supplements) represent products that supplement the usual diet. As stated above, supplements are concentrated sources of nutrients or other ingredients with a nutritional or physiological effect, either individually or combined, which are sold on the market in dosed forms such as capsules, pastilles, tablets, powder bags, ampoules with liquid, dropper bottles and other similar forms intended to be taken in small, dosed amounts (according to the valid regulation). Still, supplements cannot replace food as a complex source of various nutrients.

It is particularly important to understand that high content of protein in a food product does not necessarily imply higher nutritional value. Biological value of protein, ratio of essential amino acids, as well as the presence of other nutrients or substances – like sugar, saturated fats or additives – have an important impact on the quality and nutritional justification of its consumption. Accordingly, when estimating the quality of protein dietary supplements it is necessary to consider not only the amount of protein, but also its composition and functional value. Bearing in mind the increasing presence and consumption of protein supplements, as well as possible differences between the declared and actual nutritional values, it is necessary to conduct thorough analyses of their composition to assess compliance with the valid regulatory framework and provide scientifically-based data relevant for nutritional and public-health practice. Uneven or inaccurate declarations may lead to an excessive intake or, in certain cases, neglect of other important nutritional needs.

Conclusion

Protein dietary supplements are increasingly present in contemporary nutrition. The results of this study show that most of the analyzed samples contain proteins in accordance with the declared values, but also that in some cases, there may be deviations between the declared and actual protein content. Such deviations can be reliably identified

Закључак

Протеински додаци исхрани све су присутнији у савременој исхрани. Резултати овог испитивања показују да већина анализираних узорака садржи протеине у складу са декларисаним вредностима, али и да у појединим случајевима могу постојати одступања између декларисаног и стварног садржаја протеина. Таква одступања се могу поуздано идентификовати применом валидираних аналитичких метода, што има значајну улогу у контроли квалитета и заштити потрошача. Испитивања овог типа доприносе бољем разумевању суплемената и представљају стручну основу за унапређење и заштиту јавног здравља и подизање стандарда квалитета у области додатака исхрани.

using valid analytical methods, which has an important role in quality control and consumer protection. Tests of this type contribute to a better understanding of supplements and represent the scientific basis for the improvement and safeguarding of public health and raising quality standards in the field of dietary supplements.

Литература / References

1. Phillips SM. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr.* 2012; 108 Suppl 2:S158–67. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002516>.
2. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14:20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>.
3. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018; 52(7):439–55. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>.
4. Kwon J, Nishisaka MM, McGrath AF, Kristo AS, Sikalidis AK, Reaves SK. Protein Intake in NCAA Division 1 Soccer Players: Assessment of Daily Amounts, Distribution Patterns, and Leucine Levels as a Quality Indicator. *Sports.* 2023; 11(2):45. <https://doi.org/10.3390/sports11020045>
5. Pravilnik o dodacima ishrani (dijetetski suplementi) [Rulebook on Food Supplements (Dietary Supplements)]; „Službeni glasnik Republike Srbije“, br. 45/2022, 20/2023, 73/2024 [Official Gazette of the Republic of Serbia, no. 45/2022, 20/2023, 73/2024]. Serbian.
6. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) No 1169/2011 of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006, and repealing Directives 87/250/EEC, 90/496/EEC, 1999/10/EC, 2000/13/EC, 2002/67/EC, 2008/5/EC and Regulation (EC) No 608/2004. *Off J Eur Union.* 2011; L304:18–63.
7. World Health Organization. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation [Internet]. Geneva: WHO; 2007. Available from: <https://iris.who.int/items/78c03092-bcc2-40f5-90d1-60641ecdf6ea>
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Good practice for nutrition labeling [Internet]. Rome: FAO; 2013. Available from: <https://www.fao.org/4/i3124e/i3124e.pdf>
9. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein – Which is Best? *J Sports Sci Med.* 2004; 3(3):118–30. PMID: 24482589
10. Gatorade Sports Science Institute. Protein Quality and the Role of Essential Amino Acids [Internet]. GSSI; 2020. Available from: <https://www.gssiweb.org/en/sports-science-exchange/Article/protein-quality-and-the-role-of-essential-amino-acids>.

11. Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane [Rulebook on Declaration, Labelling and Advertising of Food]; „Službeni glasnik Republike Srbije“, br. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022, 61/2024 [Official Gazette of the Republic of Serbia, nos. 19/2017, 16/2018, 17/2020, 118/2020, 17/2022, 23/2022, 30/2022, 61/2024]. Serbian.
12. Patel V, Aggarwal K, Dhawan A, Singh B, Shah P, Sawhney A et al. Protein supplementation: the double-edged sword. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2023; 37(1):118–26. <https://doi.org/10.1080/08998280.2023.2280417>.
13. Qiang H, Xu T, Ma P, Zhang S, Du G, Qiang G, et al. A comprehensive review of meal replacement from dining table to sickbed: beyond biomedical potentials. *Food Sci Hum Wellness*. 2024; 14(3):9250053. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2024.9250053>
14. Astbury NM, Piernas C, Hartmann-Boyce J, Lapworth S, Aveyard P, Jebb SA. A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of meal replacements for weight loss. *Obes Rev*. 2019; 20(4):569–87. <https://doi.org/10.1111/obr.12816>.
15. Brown ML, Barkoukis H, editors. *Sports nutrition: a handbook for professionals*. 7th ed. Chicago, IL: Academy of Nutrition and Dietetics; 2025.
16. Sanchez AD, Reynolds JC, Marinik EL, Kolb RD, Lozano AJ, Davy BM, Hunter GR, Larson-Meyer DE. A Randomized Trial of Healthy Weight Gain in Athletic Individuals. *Med Sci Sports Exerc*. 2024 Aug 1;56(8):1454–1466. doi: 10.1249/MSS.0000000000003427. Epub 2024 Mar 23. PMID: 38537251.
17. Antonio J, Kalman D, Stout JR, Greenwood M, Willoughby DS, Haff GG, editors. *Essentials of Sports Nutrition and Supplements*. Totowa, NJ: Springer Science & Business Media; 2008.
18. Trommelen J, Weijzen MEG, van Kranenburg J, Ganzevles RA, Beelen M, Verdijk LB, et al. Casein protein processing strongly modulates post-prandial plasma amino acid responses in vivo in humans. *Nutrients*. 2020; 12(8):2299. <https://doi.org/10.3390/nu12082299>
19. Martin V, Ratel S, Siracusa J, Le Ruyet P, Savary-Auzeloux I, Combaret L et al. Whey proteins are more efficient than casein in the recovery of muscle functional properties following a casting induced muscle atrophy. *PLoS One*. 2013; 8(9):e75408. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075408>.
20. European Commission. Guidance document for competent authorities for the control of compliance with EU legislation on Regulation (EU) No 1169/2011 on the provision of food information to consumers, with regard to the setting of tolerances for nutrient values declared on a label [Internet]. Brussels: European Commission; 2012 [cited 2025 Aug 26]. Available from: https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/labelling_nutrition-vitamins_minerals-guidance_tolerances_1212_en.pdf.
21. Kuswari M, Gifari N, Nuzrina R, Justickarin S, Fathiya A, Hutasuhut F. Analysis of Protein Content on Commercial Protein Supplement in Indonesia. *JUARA : Jurnal Olahraga*. 2021; 6(2):207–12. <https://doi.org/10.33222/juara.v6i2.1225>
22. Dunham A, Mauser JF. Analysis of Protein Content in Commercial Protein Powders [Internet]. Winona State University Chemistry Department; [cited 2025 Dec 15]. Available from: <https://openriver.winona.edu/cgi/view-content.cgi?article=1137&context=rca>
23. Almeida CC, Alvares TS, Costa MP, Conte-Junior CA. Protein and amino acid profiles of different whey protein supplements. *J Diet Suppl*. 2016; 13(3):313–23. <https://doi.org/10.3109/19390211.2015.1036187>
24. Philips CA, Theruvath AH, Ravindran R, Chopra P. Citizens protein project: A self-funded, transparent, and concerning report on analysis of popular protein supplements sold in the Indian market. *Medicine (Baltimore)*. 2024; 103(14):e37724. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037724>.
25. Corgneau M, Gaiani C, Petit J, Nikolova Y, Desobry-Banon S, Ritié-Pertusa L, et al. Nutritional quality evaluation of commercial protein supplements. *Int J Food Sci Technol*. 2019; 54(8):2586–94. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14170>.
26. Zapata-Muriel A, Echeverry P, Van Dusseldorp TA, Kurtz J, Monsalves-Alvarez M. Measured versus label declared macronutrient and calorie content in Colombian commercially available whey proteins. *J Int Soc Sports Nutr*. 2022; 19(1):258–66. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2090828>.

27. Pehlivanoğlu H, Bardakçı HF, Yaman M. Protein quality assessment of commercial whey protein supplements commonly consumed in Turkey by in vitro protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS). *Food Sci Technol*. 2022; 42:e64720. <https://doi.org/10.1590/fst.64720>.
28. Di Stefano V, Cicero N, Melilli MG, Ganguzza E, Lucarini M, Durazzo A. Proteins and protein components for sportspeople: quality control of dietary supplements. *Nat Prod Res*. 2024; 38(10):1786–92. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2218974>.
29. González-Weller D, Paz-Montelongo S, Bethencourt-Barbuzano E, Niebla-Canelo D, Alejandro-Vega S, Gutiérrez ÁJ et al. Proteins and Minerals in Whey Protein Supplements. *Foods*. 2023; 12(11):2238. <https://doi.org/10.3390/foods12112238>.



Примљено / Received
27.8.2025.

Ревидирано / Revised
3.12.2025.

Прихваћено / Accepted
15.12.2025.

Кореспонденција / Correspondence

Данијела Пантовић – Danijela Pantović
pantovic99danijela@gmail.com

ORCID

Danijela Pantović
<https://orcid.org/0009-0003-8850-5897>
Tatjana Nedeljković
<https://orcid.org/0009-0001-7783-8261>
Dragana Jović
<https://orcid.org/0000-0002-2657-9909>