

1. Streszczenie

Poprawa standardów życia ludzi, w obecnych czasach, przejawia się zwiększonym spożyciem cukru oraz produktów wysokotłuszczowych, które przyczyniają się do znacznego wzrostu wskaźników otyłości (Mota et al., 2019). Z tego powodu batony wysokobiałkowe (HPB – *ang. high protein bars*) stały się popularne jako prozdrowotna żywność o wysokiej zawartości białka i stosunkowo niskiej zawartości węglowodanów. Batony wysokobiałkowe mogą być definiowane jako rodzaj produktu żywnościowego o zawartości białka na poziomie 20–50%, niskiej kaloryczności, wysokiej wartości odżywczej i łatwym, lekkim w transporcie opakowaniu (Kelly, 2019). Wychodząc naprzeciw wymaganiom konsumentów dbających o dietę, uprawiających sport czy rekonwalescentów, batony wysokobiałkowe stały się ciekawą alternatywą dla tradycyjnych przekąsek, dostarczającą organizmowi wysokiej jakości białko. Bogate w składniki odżywcze produkty wysokobiałkowe, jakimi są m.in. batony wysokobiałkowe, mają szerokie perspektywy rozwoju i wykazują silną konkurencyjność rynkową wśród wielu produktów spożywczych (Adámek et al., 2018).

Tekstura żywności jest wynikiem interakcji między produktami żywnościowymi a zmysłami człowieka. Określa się, że bez analizy sensorycznej nie da się zrozumieć konsystencji konkretnego produktu spożywczego. Spośród wszystkich cech żywności, które stymulują zmysły, konsystencja może wywoływać najbardziej złożone doznania zmysłowe (Banach et al., 2016). Na przykład twardość próbki żywności nie może być wyczuwana wyłącznie poprzez umieszczenie jej w ustach. Zęby muszą wywierać siłę, aby odkształcić lub rozbić żywność, w celu określenia jej twardości (Mojet & Köster, 2005). W związku z tym twardnienie batonów wysokobiałkowych podczas przechowywania wpływa bezpośrednio na ocenę sensoryczną konsumenta, zmniejszając jego preferencje do tego typu produktów, co może znacznie utrudniać rozwój rynku batonów wysokobiałkowych. Obecnie troska o zminimalizowanie twardnienia tego typu produktów w czasie okresu przechowywania, stanowi poważne wyzwanie dla producentów żywności w branży FMCG (*ang. fast-moving consumer goods*). Większość dostępnych na półkach sklepowych batonów wysokobiałkowych należy do kategorii produktów spożywczych

o wilgotności wahającej się w granicach 10–30%, aktywności wody na poziomie 0,6–0,8, oraz okresie przydatności do spożycia od 6 do 12 miesięcy w temperaturze pokojowej. Jednak smak, barwa i cechy teksturalne wszystkich batonów wysokobiałkowych ulegają zmianie podczas okresu przechowywania, przy czym największe zmiany dotyczą twardości oraz innych parametrów tekstury powiązanych z twardością (Sherwin & Labuza, 2003).

Batony wysokobiałkowe, dostępne komercyjnie, składają się przede wszystkim z dwóch głównych składników: białek pochodzących z koncentratów lub izolatów białek serwatkowych i sojowych oraz syropów na bazie cukru lub syropów glukozowo-fruktozowych czy glukozowych (Li et al., 2008; Zainal Abidin et al., 2020). Udział poszczególnych składników to zazwyczaj 20–40% białka, 10–50% węglowodanów i 10–15% tłuszczu bądź oleju. Z tego powodu udział tych składników w produkcji wywiera największy wpływ na cechy, które posiada wytworzony wyrób gotowy (Zhu & Labuza, 2010).

Na przestrzeni ostatnich lat białka roślinne są coraz częściej wykorzystywane jako ekonomiczna i wszechstronna alternatywa zastępująca źródło białka pochodzenia zwierzęcego w żywieniu człowieka, a także jako składniki funkcjonalne stosowane coraz chętniej przez producentów do formułowania nowych wyrobów spożywczych. Wykorzystanie białek zwierzęcych wiąże się ze zwiększającymi się kosztami oraz coraz bardziej ograniczoną podażą i jest silnie związane ze zmianą klimatu, wyczerpywaniem się wody słodkiej, utratą bioróżnorodności oraz zagrożeniami dla zdrowia ludzi związanymi m.in. z chorobami układu krążenia (Alemayehu et al., 2015; Gomes et al., 2020; Sun-Waterhouse et al., 2014). Istnieje wiele potencjalnych źródeł białek roślinnych. Niektóre rodzaje zostały jednak szczególnie dokładnie przebadane i mogą być ciekawą alternatywą dla białek zwierzęcych. Są to przede wszystkim białka roślin strączkowych (soja, groch) (Coda et al., 2017; Tuśnio et al., 2017), zboża (ryż, pszenica) (Zhao et al., 2020), nasiona (dynia i słonecznik) (Mattila et al., 2018), czy migdały i orzechy (De Oliveira Sousa et al., 2011).

Ze względu na aktualne trendy związane z ograniczaniem ilości spożycia cukru oraz redukcją wartości kalorycznej żywności, producenci poszukują alternatyw dla powszechnie stosowanych syropów cukrowych, glukozowo-fruktozowych i glukozowych oraz środków intensywnie słodzących, które są powszechnie stosowane w produktach spożywczych. Węglowodany nie podlegające trawieniu w układzie pokarmowym człowieka, w tym polisacharydy nieskrobiowe, skrobie odporne,

oligosacharydy (takie jak oligofruktoza czy inne błonniki płynne pochodzenia roślinnego) lub alkohole wielowodorotlenowe (takie jak maltitol czy sorbitol) mogą być ciekawą alternatywą dla powszechnie stosowanych syropów (Erickson & Carr, 2020; Stanner & Spiro, 2020).

W związku z informacjami przedstawionymi powyżej, tematem moich badań było zastosowanie białek pochodzenia roślinnego (słonecznika, pszenicy, soi, konopi, dyni, grochu, ryżu, alg morskich) i zwierzęcego (białek serwatkowych) oraz wybranych płynnych substancji syropowych (oligoruktozy, syropu maltitolowego, płynnych błonników roślinnych: grochowo-kukurydzianego, tapiokowego oraz syropu glukozowego) do otrzymywania innowacyjnych batonów wysokobiałkowych o właściwościach funkcjonalnych i potencjalnie prozdrowotnych oraz z zachowaniem zdolności do wdrożenia receptur w warunkach przemysłowych.

Summary

Improving human living standards nowadays is manifested by increased sugar consumption and high-fat products, which are the reasons for a significant increase in obesity rates (Mota et al., 2019). That is why high protein bars (HPB) have become popular as nutritious healthy food with a high protein content and relatively low carbohydrate content. High-protein bars can be defined as a type of food product with a protein content of 20-50%, low in calories, high in nutritional value and easy to transport in a unit packaging (Kelly, 2019). Meeting the requirements of consumers who care about their diet, engage in sports or convalescents, high-protein bars have become a healthy alternative to traditional snacks, providing the body with high-quality protein. High-protein products rich in nutrients, such as high-protein bars have broad development prospects and show strong market competitiveness among many food products (Adámek et al., 2018).

The texture of food is the result of the interaction between food products and the human senses. It is determined that without a sensory analysis it is impossible to understand the consistency of a particular food product. Of all the sensory stimulating characteristics of food, texture can evoke the most complex sensory experiences (Banach et al., 2016). For example, the hardness of a food sample cannot be felt just by placing it in the mouth. The teeth must exert force to deform or break the food in order to determine its hardness (Mojet & Köster, 2005). Therefore, the hardening of high-protein bars during storage directly affects the consumer's sensory assessment, reducing his preferences for this type of product, which may significantly hinder the development of the high-protein bar market. Currently, the concern to minimize the hardening of this type of product during the storage period is a serious challenge for food producers in the FMCG (fast-moving consumer goods) industry. Most of the high-protein bars available on store shelves belong to the category of food products with a moisture content of 10–30%, a water activity of 0.6–0.8, and a shelf life of 6 to 12 months at room temperature. However, the taste, color and texture characteristics of all high protein bars change during the storage period, with the greatest changes being changes in hardness and other texture parameters related to hardness (Sherwin & Labuza, 2003).

Commercially available high-protein bars consist primarily of two main ingredients: proteins derived from whey and soy protein concentrates or isolates, and syrups based on sugar or glucose-fructose or glucose syrups (Li et al., 2008; Zainal

Abidin et al., 2020). The proportion of the individual ingredients is usually 20-40% protein, 10-50% carbohydrates and 10-15% fat or oil. For this reason, the share of these ingredients in the product has the greatest impact on the characteristics of the finished product (Zhu & Labuza, 2010).

In recent years, plant proteins have been increasingly used as an economic and versatile alternative to replace the source of animal protein in human nutrition, as well as functional ingredients used more and more willingly by producers to formulate new food products. The use of animal proteins is associated with rising costs and more and more limited supply, and is strongly associated with climate change, freshwater depletion, loss of biodiversity and threats to human health related to e.g. with cardiovascular diseases (Alemayehu et al., 2015; Gomes et al., 2020; Sun-Waterhouse et al., 2014). There are many potential sources of plant proteins. Some types, however, have been thoroughly tested and can be an interesting alternative to animal proteins, they are primarily legume proteins (soybeans, peas) (Coda et al., 2017; Tuśnio et al., 2017), grains (rice, wheat) (Zhao et al., 2020), seeds (pumpkin and sunflower) (Mattila et al., 2018), almonds and nuts (De Oliveira Sousa et al., 2011).

Due to the current trends in reducing the amount of sugar consumption and reducing the caloric value of food, producers are looking for alternatives to the commonly used sugar, glucose-fructose and glucose syrups. Intense sweeteners are typically used in dairy products, sweets, and chewing gums. Non-digestible carbohydrates in the human digestive system, including non-starch polysaccharides, resistant starches, oligosaccharides (such as oligofructose or other plant-derived liquid fibers) or polyhydric alcohols (such as maltitol or sorbitol) may be an interesting alternative to currently used syrups (Erickson & Carr, 2020; Stanner & Spiro, 2020).

In connection with the information presented above, the subject of my research was the use of proteins of plant and animal origin (sunflower, wheat, soybean, hemp, pumpkin, pea, rice, sea algae and whey proteins) and selected liquid syrups (oligofructose, maltitol syrup, liquid vegetable fibers: pea-corn, tapioca and glucose syrup) to obtain innovative high-protein bars with functional and potentially health-promoting properties and with the ability to implement recipes in industrial conditions.