

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ

Красина Е.В., Красина И.Б., Куракина А.Н.

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. В последние несколько десятилетий убедительные доказательства свидетельствуют о важности питания для достижения спортивных результатов, при этом роль углеводов в этом процессе представляет особый интерес. В статье приведены данные по разработке энергетических батончиков, которые могут быть использованы спортсменами для повышения выносливости, как в тренировочный период, так и во время соревнований.

Ключевые слова. Спортивное питание, энергетический батончик, углеводы, мальтит, инулин, полидекстроза, пребиотические свойства.

DEVELOPMENT OF ENERGY BARS TO ENHANCE ENDURANCE OF ATHLETES

Krasina E.V., Krasina I.B., Kurakina A.N.

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

Annotation. In the past few decades, convincing evidence has shown the importance of nutrition in achieving athletic performance, and the role of carbohydrates in this process is of particular interest. The article presents data on the development of energy bars that can be used by athletes to increase endurance, both during the training period and during the competition.

Keywords. Sports nutrition, energy bar, carbohydrates, maltitol, inulin, polydextrose, prebiotic properties.

Согласно последнему бизнес-анализу, индустрия спортивных добавок обеспечивает значительную долю рынка в размере 11,6 млрд долларов США в рамках более обширного портфеля добавок для здоровья и хорошего самочувствия с прогнозируемым прогнозом роста до 24,4 млрд долларов к 2025 году [1]. Между тем, исследования подтверждают высокую распространенность использования спортивного питания и добавок среди спортсменов, в том числе более широкое использование на более высоких уровнях конкуренции и различные мотивы употребления [2].

Хотя количество коммерчески доступных добавок огромно, среди них можно выделить три различные категории: медицинские добавки; спортивное питание; и добавки для повышения производительности, которые либо напрямую повышают работоспособность, либо дают косвенные преимущества спортсменам.

Низкоуглеводные диеты были предписаны для похудения и были рекомендованы спортсменам для повышения выносливости [3]. Популярность низкоуглеводных диет была высокой в 1960-х и начале 1970-х годов, после чего интерес к ограничению углеводов уменьшился. В конце 1990-х годов вновь возрос интерес к диете с низким содержанием углеводов, и с тех пор диеты, пропагандирующие ограничение углеводов, остаются популярными. Несмотря на популярность низкоуглеводных диет на протяжении многих лет, за последние 15 лет при исследовании низкоуглеводных диет были получены данные для оценки эффективности ограничивающих углеводов диет для потери веса и здоровья [4]. В различных видах спорта, требующих от спортсмена выносливости, достижение в соревнованиях такого уровня, когда атлет больше не может поддерживать желаемый темп, называют «торможением». Резкое снижение работоспособности, связанное с утомлением, в значительной степени объясняется истощением запасов углеводов в скелетных мышцах и печени, и, возможно, приводит к снижению концентрации глюкозы в крови. Действительно, углеводы являются предпочтительным топливом в тех видах спорта, где от спортсменов требуется выносливость

Таким образом, пищевые добавки, содержащие углеводы, белки, витамины и минералы, широко используются в различных спортивных областях, отчасти потому, что эти добавки легко принимать до, во время и / или после тренировки и соревнований. Натуральные пищевые компоненты оказывают различные физиологические эффекты, и некоторые из них считаются полезными (при приеме внутрь в высоких дозах или непрерывно) для улучшения спортивных результатов или для предотвращения нарушения гомеостаза при интенсивных физических нагрузках [5,6]. Во время тренировок доступность

углеводов для мышц и центральной нервной системы может быть нарушена, потому что количество энергии для тренировок или соревновательных программ спортсмена превышает его запасы эндогенных углеводов. Обеспечение дополнительными углеводами важно, потому что доступность углеводов ограничивает выполнение длительных (>90 минут) субмаксимальных или прерывистых высокоинтенсивных упражнений и играет разрешающую роль в выполнении коротких или продолжительных высокоинтенсивных работ. Консенсусное совещание МОК по спортивному питанию позволило сосредоточить внимание на потребностях спортсменов в углеводах. Управление питанием и интенсивностью физических упражнений за короткий промежуток времени позволяет спортсмену начать процесс запаса гликогена, который соизмерим с предполагаемыми расходами энергии для соревнования.

Углеводные коктейли часто потребляются для стимулирования восстановления после физической активности. Эти напитки рекомендуются производителями сразу после тренировки, чтобы иметь наиболее эффективный прорегенерирующий эффект. Исследования на эту тему показывают весьма противоречивые результаты. Некоторые исследования показывают, что добавление белка к углеводам улучшает процесс восстановления выносливости [7]. Другие, сосредотачивающиеся на модуляции расщепления и синтеза белка, не дают никаких доказательств того, что углеводы увеличивают секрецию белка, вызванную физической нагрузкой, по сравнению с одним белком [8].

Считается, что помимо компенсации потери углеводов во время упражнений углеводы также активируют молекулярные механизмы, связанные с про-регенеративными эффектами. В этом процессе инсулин считается важным фактором. Было показано, что комбинация белок / углевод приводит к более высокому увеличению концентрации сахара в крови и инсулина, чем просто потребление углеводов [9]. Молекулярный механизм того, как белки стимулируют секрецию инсулина, до сих пор неизвестен. Также было продемонстрировано, что количество накопления гликогена в скелетных мышцах выше при комбинации белков и углеводов, чем при использовании только углеводов [9]. Обсуждается, что любое потребление углеводов сразу после физической нагрузки приводит к сильному увеличению сывороточного инсулина, а затем к сильному снижению уровня глюкозы в крови. Связывание инсулина с рецепторами IGF-1 должно приводить к активации путей специфической передачи сигналов скелетных мышц, а через mTOR (рапамицин) - к стимуляции синтеза белка в скелетных мышцах [10, 11]. Кроме того, увеличение секреции инсулина также должно стимулировать поглощение аминокислот клетками скелетных мышц [10]. Однако другие исследования показывают, что инсулин не стимулирует синтез мышечного белка в физиологических условиях у людей.

На российском рынке в настоящее время широко представлены разнообразные продукты специализированного назначения для спортивного питания, однако необходимо отметить что в основном это продукты импортного производства [2]. Поэтому разработка и внедрение в производство отечественных специализированных продуктов заданного состава [5,12], предназначенных для питания спортсменов, способствующих повышению работоспособности и выносливости во время тренировок и соревнований, а также более быстрому восстановлению организма спортсмена после усиленных физических нагрузок является актуальным.

Нами разработаны рецептуры и технологические режимы производства шоколадных энергетических батончиков с пониженным содержанием легкоусваиваемых углеводов и обогащенных пребиотическими волокнами.

В рецептуре энергетических батончиков сахароза заменена объемным сахарозаменителем – мальтитом или изомальтом, а также предусмотрено внесение пищевых волокон инулина и полидекстрозы, которые обладают доказанными пребиотическими свойствами.

Подсластители обычно используются для продуктов питания и для тех категорий людей, которые должны или хотят контролировать потребление калорий, углеводов или сахара; для оказания помощи в лечении диабета; для облегчения контроля или снижения веса [12]. На данный момент качество и сенсорные свойства продукта становятся очень важными для потребительского восприятия. Хотя, можно приготовить шоколадные батончики без сахара с приемлемым уровнем сладости, эти шоколадные батончики часто демонстрируют слабые сенсорные свойства, особенно нежелательные вкусовые ощущения, которые могут ограничить их потребление.

Необходимым является изучение подсластителей в составе тех пищевых продуктов, в которых они будут использованы, потому что их потенциал сладости может варьироваться в зависимости от матрицы дисперсии, где они обнаружены [13]. Если сахароза в какаосодержащих или других пищевых продуктах должна быть частично или полностью заменена другими типами сахаров или заменителями сахара, необходимо проводить сенсорные оценки на реальных образцах продукта. В этих исследованиях, чтобы понять влияние подсластителей на приемлемость вкуса, были испытаны только темные образцы шоколадных масс.

Реологические свойства шоколадной массы для энергетического батончика в расплавленном состоянии важны для производства и получения продукции высокого качества.

В ходе проведения экспериментов установлено, что использование подсластителя влияет на вязкость по Кассону. В образцах темных шоколадных масс использование сукралозы дало значительно более высокие результаты пластической вязкости, чем в образцах с использованием стевиозида.

Восприятие текстуры шоколада имеет существенное значение во время жевания шоколада. Текстурные свойства определяются соответствующими параметрами, такими как консистенция, твердость, вязкость и растекаемость. Твердость обозначает физическую жесткость и относится непосредственно к сенсорному восприятию во время потребления шоколада. Текстура шоколада также сильно зависит от содержания влаги в шоколадной массе. Повышение вязкости шоколадной массы, которое, как известно, происходит при добавлении даже небольшого количества воды, изменяет текстуру необратимо из-за сахарозы в шоколаде, взаимодействующей с водой, а не эмульгатора лецитина и жира.

Для каждого образца темных шоколадных масс для энергетического батончика был проведен дисперсионный и множественный сравнительный анализ. Учитывая влияние подсластителя, методом 2-х факторного дисперсионного анализа, были установлены значимые различия средних величин. Результаты дисперсионного анализа показали, что эффект влияния подсластителя на цвет шоколадной массы для энергетического батончика не был значительным.

Эффективная вязкость шоколадной массы для энергетического батончика, полученного с использованием различных сахарозаменителей, была определена при скорости сдвига 30 с^{-1} , результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние объемных сахарозаменителей на эффективную вязкость образцов шоколадной массы для энергетического батончика, измеренных при скорости сдвига 30 сек^{-1}

Объемный сахарозаменитель	Интервал размеров частиц, мкм		
	от 20 до 38	от 38 до 53	от 53 до 106
Сахароза	2,68	1,60	0,93
Мальтит	2,40	1,70	1,08
Изомальт	3,40	1,98	0,94
Эритрит	2,71	2,18	0,98

Как показали исследования, внесение изомальта повышает эффективную вязкость значительно больше, чем сахароза и мальтит. Эффект влияния объемных сахарозаменителей на эффективную вязкость зависит от размера частиц, однако, данного эффекта не отмечалось при более высоких размерах частиц, а становился он очевидным при более мелких размерах частиц, что следует из данных приведенных в таблице 1.

Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что по мере того как уменьшается размер частиц сахарозаменителя эффективная вязкость существенно увеличивалась. Полученные результаты по эффективной вязкости согласуются с ранее полученными результатами пластической вязкости: использование изомальта приводит к увеличению как эффективной, так и пластической вязкости.

Разработка высококачественного шоколадного энергетического батончика требует использования наиболее подходящих ингредиентов, которые могли бы заменить сахар без отрицательного влияния на ряд свойств готового продукта. С этой целью в качестве пребиотиков были выбраны инулин (IN), полидекстроза (PD) и мальтодекстрин (MD).

Проведены исследования по влиянию комбинации IN, PD, MD при замене сахарозы на физико-химические, механические и сенсорные свойства шоколадных масс.

Определение твердости образцов, показало, что все образцы значительно отличаются по твердости друг от друга. Образцы, содержащие 100 % MD и/или PD, были более мягкими, тогда как комбинация IN, PD и MD в соотношении (50:25:25) давала самую твердую форму шоколадной массы для энергетического батончика. Твердость образца шоколадной массы для энергетического батончика, содержащего 100 % IN, была сходна с контролем.

При определении органолептических показателей установлено, что за исключением сладости и цвета, другие сенсорные характеристики, а именно хрупкость, скорость плавления, покрытие полости рта и общее впечатление образцов шоколада имеющих разный состав существенно отличались.

Сенсорная оценка полученных образцов показала, что у всех образцов шоколадных масс для энергетических батончиков, наблюдалось улучшение сенсорных дескрипторов, прежде всего, вкуса и разжевываемости. Образцы шоколадных масс для энергетических батончиков, полученных по разработанным рецептурам, имеют лучшую структуру и внешний вид по сравнению с контрольным образцом, у которого происходит миграция жировой фазы на поверхность, а оценка структуры

показывает, что она более мажущаяся. Добавление мальтита и изомальта оказывает также положительное влияние на вкус и аромат шоколадной массы для энергетических батончиков.

Классические исследования уже продемонстрировали полезную роль добавок с высоким содержанием углеводов для выполнения упражнений на выносливость [14]. Высокая доступность углеводов полезна для упражнений на выносливость во время соревнований или тренировок, в которых требуется высокий уровень интенсивности [15]. Для изучения влияния потребления разработанных энергетических батончиков на восстановление после тренировки были проведены исследования с участием 35 добровольцев в возрасте от 20 до 30 лет, занимающихся легкой атлетикой, которые были разбиты на 3 группы случайным образом.

В результате проведенных исследований установлено, что потребление углеводов после тренировки влияет на уровень сахара в крови и реакцию на инсулин, что возможно использовать для улучшения регенерации. Увеличение экспрессии инсулина в плазме крови при добавлении углеводов указывает на возможность улучшения адаптации к тренировкам после приема энергетических батончиков.

Повышение уровня инсулина является одним из основных механизмов повышения уровня гликогена в мышцах посредством стимуляции переносчиков глюкозы в мышцах для увеличения поглощения глюкозы наряду с действием гликогенсинтазы. Повышенный уровень инсулина в плазме во время восстановления после тренировки может объяснить усиление восстановления мышечного гликогена, наблюдаемое у спортсменов 3 группы. Более сильное снижение концентрации глюкозы в плазме у спортсменов 3 группы через 60 минут по сравнению со спортсменами 1 и 2 группы подтверждает это наблюдение.

Наши исследования продемонстрировали повышенный ответ инсулина в исследовании углеводов, что, возможно, сыграло роль в наблюдаемой повышенной экспрессии мРНК PGC-1 α .

Следовательно, употребление углеводов, по-видимому, играет важную роль в адаптациях к тренировке на выносливость посредством увеличения экспрессии инсулина в плазме и экспрессии мРНК PGC-1 α во время восстановления, что может привести к ускоренному восстановлению, митохондриальному биогенезу и, следовательно, в конечном итоге к повышению производительности спортсмена.

Практическая значимость данных разработок несомненна для развития пищевой промышленности и импортозамещения продуктов, представленных на рынке спортивного питания. Разработанные рецептуры, технологические режимы и параметры производства могут быть внедрены на действующих предприятиях.

Список использованных источников

1. Grand View Research. Sports Nutrition Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Drinks, Supplements, Foods), By Distribution Channel (E-Commerce, Brick & Mortar), By Region, and Segment Forecasts, 2018–2025. Report ID: GVR-2-68038- 721-6. Dec, 2018.
2. Красина И.Б., Бродовая Е.В. Современные исследования спортивного питания // Современные проблемы науки и образования. -2017.- № 5.-С. 58.
3. Красина И.Б., Мушта Л.В., Лозовой А.В Новые продукты для функционального питания // Успехи современного естествознания - 2005 - № 5 - С. 53-55.
4. Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE: Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018, 28(2):188-199 <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0340>
5. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. / Close G.L., Hamilton D.L., Philp A. Burke L.M., Morton J.P. // *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 144–158. PubMed doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016
6. Заварухина С.А., Звягина Е.В., Латышин Я.В. Виды и особенности влияния на уровень физической работоспособности спортивных добавок // *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта.* - 2019.- № 4 (15). - С. 378-386.
7. Hill, K.M.; Stathis, C.G.; Grinfeld, E.; Hayes, A.; McAinch, A.J. Coingestion of carbohydrate and whey protein isolates enhance PGC-1 α mRNA expression: A randomised, single blind, cross over study. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2013, 10, 8.
8. Staples, A.W.; Burd, N.A.; West, D.W.; Currie, K.D.; Atherton, P.J.; Moore, D.R.; Rennie, M.J.; Macdonald, M.J.; Baker, S.K.; Phillips, S.M. Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011, 43, 1154–1161.
9. Fujita, S.; Rasmussen, B.B.; Cadenas, J.G.; Grady, J.J.; Volpi, E. Effect of insulin on human skeletal muscle protein synthesis is modulated by insulin-induced changes in muscle blood flow and amino acid availability. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006, 291, 745–754.

10. Lima-Silva, A.E.; Pires, F.O.; Lira, F.S.; Casarini, D.; Kiss, M.A. Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. *Psychophysiology* 2011, 48, 277–284.
11. Trommelen, J.; Betz, M.W.; van Loon, L.J.C. The muscle protein synthetic response to meal ingestion following resistance-type exercise. *Sports Med.* 2019, 49, 185–197.
12. Научно-теоретическое обоснование производства мучных кондитерских изделий специального назначения // Карачанская Т.А., Красина И.Б., Данович Н.К. Краснодар, 2013.
13. Куракина А.Н., Красина И.Б., Баранова З.А. Исследование реологических свойств жевательных конфет, приготовленных на изомальтулозе // Изв. вузов. Пищевая технология. - 2014. - № 1. - С. 66-70.
14. O'Bryan, K.R.; Doering, T.M.; Morton, R.W.; Coey, V.G.; Phillips, S.M.; Cox, G.R. Do multi-ingredient protein supplements augment resistance training-induced gains in skeletal muscle mass and strength? A systematic review and meta-analysis of 35 trials. *Br. J. Sports Med.* 2019.
15. Diel, P.; Le Viet, D.; Humm, J.; Huss, J.; Oderkerk, T.; Simon, W.; Geisler, S. Effects of a nutritive administration of carbohydrates and protein by foodstuffs on skeletal muscle inflammation and damage after acute endurance exercise. *J. Nutr. Health Food Sci.* 2017, 5, 17.