

Д. Е. Быков, Н. В. Макарова, Д. Ф. Валиулина

## Шоколад как продукт для функционального питания

Проблема производства пищевых продуктов с функциональными свойствами становится за последние годы все более актуальной. Это объясняется ухудшением общей экологической ситуации, снижением качества жизни, появлением хронических и широко распространенных заболеваний. Все большее число медиков и диетологов высказывает мнение, что именно питание может предотвратить многие виды заболеваний. Собственно функциональные пищевые продукты способны выполнять функцию профилактики значительного количества заболеваний: сахарного диабета, сердечно-сосудистых изменений, онкологии, атеросклероза и т. д. Ухудшение состояния организма человека связывают с увеличением в нем количества свободных радикалов, снижением количества антиоксидантов внутри клеток различных органов, т. е. отсутствием или ухудшением собственной антиоксидантной системы защиты. Многие функциональные продукты позиционируют как продукты, содержащие витамины и антиоксиданты. В результате исследования химического состава (содержания фенолов и флавоноидов) и антиоксидантной активности (способности улавливать свободные радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, восстанавливающей силы с реагентом FRAP и ингибирования окисления линолевой кислоты) исходного сырья для производства шоколада – продуктов переработки какао-бобов: масла какао, какао тертого, какао-порошка, какао-крупки – обнаружены высокие значения показателей для всех продуктов, кроме масла какао. Сравнительное изучение этих же показателей для 14 образцов шоколада как отечественного, так и импортного производства, относящихся к разным ценовым категориям, показало, что в основном образцы шоколада имеют значения показателей одного уровня, приближающихся к высоким показателям исходного сырья. Уровень изученных показателей не зависит от такой характеристики, как цена шоколада. Выявлено также, что такой продукт, как шоколадная плитка, не может быть отнесен к продуктам с антиоксидантными свойствами.

**Ключевые слова:** масло какао, какао тертое, какао-порошок, какао-крупка, шоколад, фенолы, флавоноиды, свободные радикалы, антиоксидантная активность, восстанавливающая сила.

### Введение

На данный момент шоколад остается одним из популярнейших пищевых продуктов не только среди детей, но и среди взрослых [1]. Однако в мире все более усиливается распространение сахарного диабета, который характеризуется многочисленными побочными явлениями, такими как сосудистые заболевания, получение инвалидности, приводя в результате к летальным исходам [2]. Учитывая это, многие диетологи советуют людям с повышенным сахаром или для предупреждения сахарного диабета исключить из своего рациона шоколад. В качестве источника углеводов в рационе предлагаются специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем [3].

Вместе с тем целый ряд современных исследовательских работ доказывают положительные свойства шоколада.

Окислительный стресс вызван очень многими факторами (радиация, задымленность воздуха, загрязненность пищи, курение, неправильное питание, употребление некоторых лекарственных препаратов и т. д.), которые неотделимы от жизни современного человека в мегаполисе. Сопrotивляемость организма к окислительному стрессу можно увеличить за счет постоянного поступления веществ антиоксидантного действия с питанием [4]. Поиск пищевых продуктов с высоким антиоксидантным потенциалом ведут постоянно как отечественные [5], так и зарубежные ученые. Среди них большой интерес представляют работы по анализу шоколада и продуктов переработки какао-бобов.

Так, испанские ученые в работе [6] изучили несколько видов темного, молочного шоколада и какао-пасты. Для этих образцов исследовалось содержание конденсированных танинов, антирадикальная активность по двум методикам и восстанавливающая сила. Интересно отметить, что темный шоколад имел более высокие значения изученных показателей, чем молочный, тогда как какао-паста была лидером по всем показателям.

Сербские ученые также исследовали [7] образцы темного, молочного шоколада и какао-порошок на общее содержание фенолов, флавоноидов и с помощью спектрофотометрических методов анализа – на способность улавливать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, генерируемые из диаммониевой соли 2,2-азинобис(3-этилбензотиазолин-6-серной кислоты), – FRAP-значение. Образцы темного шоколада являются более эффективными антиоксидантами, чем образцы молочного шоколада. Но результаты в отношении какао-порошка менее однозначны: некоторые образцы имеют показатели на уровне молочного шоколада, а некоторые превышают по своим значениям даже темный шоколад.

Боснийские ученые исследовали [8] какао-порошок (100 % какао), шоколадный порошок (55 % какао), шоколад (43 % какао), молочный шоколад (29 % какао), шоколад с начинкой (35 % какао) на наличие

общего содержания фенолов и антиоксидантную активность по восстановлению молибдатных ионов. Самым большим содержанием фенолов обладает какао-порошок, но при этом высокую антиоксидантную активность имеет шоколад (43 % какао).

В последние годы появилась так называемая группа "суперфруктов", в которую входит ряд фруктов с высокими показателями антиоксидантной активности. Американские ученые [9] на основании своих данных по исследованию антиоксидантной активности по ORAC методу для порошков из популярных "суперфруктов" – ассаи, голубики, клюквы, граната – и какао делают вывод о большом потенциале какао-порошка, так как он имеет более высокие значения антиоксидантной активности по сравнению с "суперфруктами".

Малазийские ученые в статье [10] представили результаты исследований общего содержания фенолов, флавоноидов, антиоксидантной активности (FRAP метод), антирадикального действия (ABTS метод), содержания катехина, эпикатехина, теобромона в различных фракциях, полученных методом колонной хроматографии из какао-порошка. Фракции обладают разным уровнем показателей, а исходный экстракт имеет средние значения по отношению к разным фракциям.

Камерунские ученые получили данные для 20 образцов какао-бобов [11], которые убедительно свидетельствуют о зависимости уровня таких показателей, как общее содержание фенолов, флавоноидов, флавонолов (катехина и эпикатехина), цианидинов (цианидин-3-галактозы и цианидин-3-арабинозы), антирадикальной активности по методам ABTS и DPPH от принадлежности какао-бобов к группе, клону, семейству. Такой же вывод получили и индонезийские ученые при исследовании четырех образцов какао-бобов на наличие антирадикальной активности и содержания полифенолов [12]. По уровню содержания полифенолов все исследованные образцы можно расположить в ряд по убыванию: PA-310 > KDI-3 > PA-300 > NA-34, по антирадикальной активности: PA-310 > PA-300 > KDI-3 > NA-34. Можно отметить, что лидеры и аутсайдеры в обоих методах аналогичны.

В работе [13] индонезийских ученых установлено, что на уровень показателя общего содержания фенолов и антирадикальной активности по методу DPPH оказывает влияние не только рецептура шоколада, но и технологические условия обработки какао-бобов (концентрация щелочи 1–15 г/кг и температура 40–80 °С).

Интерес для ученых представляют не только сами какао-бобы как исходное сырье для производства шоколада, но и отходы их переработки [14]. В шелухе, створках какао-бобов было определено общее содержание фенолов, антиоксидантная активность, технологические свойства (содержание белков, жиров, углеводов), жиро- и водопоглощение. Наиболее существенные показатели антиоксидантной активности имеет шелуха какао-бобов.

В последние годы в прессе стали появляться публикации о вредном влиянии шоколада на уровень здоровья человека. Потребление шоколада пытаются связать [1] с такими болезнями, как диабет, кариес зубов, детская гиперактивность, ожирение, появление угрей, мигрень, аллергия и т. д. Однако многие исследования, проведенные на животных и людях, убедительно доказывают положительное влияние компонентов шоколада на здоровье человека [15]. Именно флавонолы шоколада способствуют профилактике заболеваний нервной системы [15], а флавоноиды обладают противовоспалительным, нейропротекторным, антиканцерогенным действием [16]. Шоколад предложено [17] использовать как атеросклеротический агент на основании исследований на людях, мышцах и плазме человека.

В настоящее время активно увеличивается число наименований шоколада. Помимо традиционного черного, молочного, классического появился шоколад с различными добавками специй, ароматического сырья и т. д. Сравнительные исследования [18] по классическому шоколаду, а также шоколаду с добавками красного перца и розмарина по содержанию общих фенолов, способности улавливать свободные радикалы показали увеличение общего содержания фенолов в образцах исследуемого шоколада с добавками красного перца и розмарина. Антирадикальная активность этих видов шоколада также несколько выше, чем классического.

Таким образом, очевиден интерес к вопросам о полезных свойствах шоколада как специалистов в диетологии, физиологии питания, пищевой химии, так и простых покупателей.

Целью работы является изучение содержания фенолов и флавоноидов и антиоксидантной активности как для исходного сырья производства шоколада: продуктов переработки какао-бобов – какао-масло, какао-крупка, какао тертое, какао-порошок, так и 14 образцов шоколада различных производителей, различной ценовой категории и рецептурного состава. При этом важно получить ответ на вопрос: может ли шоколад быть продуктом с высокими антиоксидантными свойствами.

## Материалы и методы

**Метод приготовления экстрактов исследуемых образцов.** Навеску измельченного продукта (шоколада или продуктов переработки какао-бобов) 1 г (для экстракта концентрацией 0,1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 98%-го этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, выдерживали в термостате при 37 °С в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием в течение 15 мин при скорости 3 000 об/мин. Характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.

**Метод определения общего содержания фенольных веществ.** Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [19]. Колориметрический метод определения общего содержания фенольных веществ основан на применении реактива Фолина. Под реактивом Фолина подразумевают реактив Folin – Ciocalteu, который готовят из вольфрамата Na, молибдата Na, H<sub>2</sub>O, 85%-го H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HCl, сульфата Li и Br<sub>2</sub>. Реакцию Фолина и ее варианты применяют для обнаружения и фотометрического определения фенолов, тиолов и дисульфидов (цистина, цистеина), пуриновых оснований (гуанина, ксантина, 2-гидроксиаденина), мочевой кислоты, пептидов и белков, содержащих тирозин и триптофан. В присутствии перечисленных соединений в щелочной среде реактив Фолина восстанавливается при окислении фенолов до смеси синих оксидов WO<sub>2</sub> × nWO<sub>3</sub> или MoO<sub>2</sub> × nMoO<sub>3</sub>. Образующаяся голубая окраска пропорциональна количеству фенольных веществ. Интенсивность синей окраски измеряется на спектрофотометре при длине волны 725 нм.

В стерильные пробирки к 0,25 мл готового экстракта шоколада или продуктов переработки какао-бобов концентрацией 0,1 мг/см<sup>3</sup> приливали 0,25 мл 50%-го водного раствора реактива Folin – Ciocalteu, 0,50 мл насыщенного раствора карбоната натрия и 4,00 мл дистиллированной воды. В контрольную пробу вместо экстракта приливали 0,25 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 25 мин при 25 °С при постоянном помешивании для завершения реакции. Далее пробы центрифугировали 10 мин при скорости 2 000 об/мин.

Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта шоколада или продуктов переработки какао-бобов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты (ГК)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

**Метод определения общего содержания флавоноидов.** Исследование содержания флавоноидов проводят по методу [20] с модификацией для шоколада или продуктов переработки какао-бобов. В пробирки помещали 0,50 мл экстракта концентрацией 0,1 мг/см<sup>3</sup>, 2,50 мл дистиллированной воды, 0,15 мл раствора 5%-го нитрита натрия. Выдерживали в течение 5 мин. Затем приливали 0,30 мл 10%-го хлорида алюминия (III), выдерживали в течение 5 мин. Добавляли 1,00 мл 1 М гидроксида натрия и 5,00 мл дистиллированной воды.

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина (К)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

**DPPH метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила).** Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [21]. В результате восстановления свободного радикала DPPH антиоксидантами шоколада или продуктов переработки какао-бобов пурпурно-синяя окраска DPPH меняется на желтую, так как происходит переход свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, имеющего пурпурно-синюю окраску, в стабильную молекулу 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, который имеет желтую окраску. Существует два способа проведения эксперимента по данному методу – статический и динамический. Статический показывает, при какой концентрации экстракта наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Динамический способ характеризует процесс ингибирования во времени и показывает время, которое необходимо для ингибирования радикалов DPPH антиоксидантами экстракта с концентрацией, при которой наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Также, чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность, существует параметр E<sub>C50</sub> – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-е ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E<sub>C50</sub>.

В пробирки помещали 0,20 мл экстракта шоколада или продуктов переработки какао-бобов концентрацией 0,1 мг/см<sup>3</sup>, 2,00 мл дистиллированной воды, 2,00 мл спиртового раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. В контрольную пробу по экстракту вместо раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила помещали дистиллированную воду. В контрольную пробу по раствору 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила приливали вместо экстракта дистиллированную воду. Смесь выдерживали в течение 30 мин в недоступном для света месте.

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали этиловый спирт.

Для проведения этого исследования в качестве экстракта использовали экстракты с концентрацией 0,005, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования  
Table 1. Characteristics of the objects of study

Номер образца	Характеристика шоколада <sup>1</sup>	Состав*	Ценовая категория, руб.
1	Горький шоколад	Сахар, какао тертое, масло какао, какао-порошок, эмульгатор (лецитин соевый), ароматизатор (ванилин). Содержание сухого обезжиренного остатка какао не менее 55 %, какао-масло 35 %	40–80
2	Шоколад горький	Какао тертое, сахар, масло какао, какао-порошок, ядро ореха миндаля тертое, эмульгаторы (лецитин соевый, E476), спирт этиловый ректификованный, коньяк, чай, вода питьевая, ароматизаторы (ванилин, миндаль). Содержание сухого обезжиренного остатка какао не менее 55 %	100–130
3	Темный шоколад	Сахар, какао тертое, масло какао, стабилизатор (молочный жир), спирт этиловый, эмульгаторы (соевый лецитин, E476), соль, ароматизатор натуральный (ром). Содержание сухого обезжиренного остатка какао не менее 41 %	80–120
4	Горький шоколад без сахара, 72 % какао	Какао тертое, подсластитель (мальтитол), какао-порошок, пребиотик (инулин), какао-масло, ароматизатор (ванилин), эмульгатор (лецитин соевый), натуральный подсластитель (стевия)	120–160
5	Шоколад горький с фруктозой без добавления сахара. Содержит 60 % какао	Какао тертое, фруктоза, какао-масло, какао-порошок, пребиотик инулин, эмульгаторы E322, E476, ароматизатор (ванилин). Содержание сухого обезжиренного остатка какао не менее 60 %	40–70
6	Шоколад горький, какао 70,5 %	Какао тертое, сахар, какао-порошок, эмульгатор (соевый лецитин E322), ароматизатор натуральный (ваниль). Содержание сухого обезжиренного остатка какао 33,3 %	240–320
7	Темный шоколад	Сахар, какао тертое, какао-масло, жир молочный, эмульгатор (лецитин соевый), ароматизатор пищевой. Содержание общего сухого остатка какао не менее 50 %	170–210
8	Шоколад 55 % горький классический	Какао тертое, сахар, какао-масло, молочный жир, эмульгатор (соевый лецитин E492), ароматизатор (ванилин). Содержание общего сухого обезжиренного остатка какао не менее 55 %	120–160
9	Горький шоколад с кусочками какао-бобов, 75 % какао	Какао тертое, сахар, какао-масло, эмульгатор (соевый лецитин, E476), какао-бобы дробленые, антиокислители (альфа-токоферол, E310), натуральная молотая ваниль. Массовая доля общего сухого обезжиренного остатка какао не менее 74,6 %, какао-масло 45,5 %	90–130
10	Темный шоколад с экстрактом перца чили	Сахар, какао-масса, масло какао, молочный жир, эмульгатор (соевый лецитин), экстракт перца чили, идентичный натуральному, ароматизатор (ванилин)	120–160
11	Плитка кондитерская темная	Сахар, жир растительный, молоко сухое, какао-порошок, эмульгатор (лецитин соевый), ароматизатор (ванилин)	20–50
12	Горький шоколад, 72 % какао	Какао-масса, сахар, обезжиренный какао-порошок, какао-масло, эмульгатор (лецитин подсолнечный), ароматизатор натуральный (ваниль)	220–260
13	Горький шоколад. Апельсин	Какао тертое, сахар, какао-масло, обезжиренный какао-порошок, кофе, цельное сухое молоко, эмульгатор (соевый лецитин), натуральный ароматизатор (ваниль), апельсин	240–270
14	Экстра горький шоколад, 85 % какао	Какао-масса, сахар, какао-масло, эмульгатор (соевый лецитин), натуральный ароматизатор (ваниль). Общее содержание сухого обезжиренного остатка какао не менее 85 %	220–260

Примечание. \* Данные производителя шоколада.

**FRAP метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов).** Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [22] с модификацией для шоколада или продуктов переработки какао-бобов. Подготавливали реактив FRAP: в колбу помещали 10,00 мл ацетатного буфера pH 3,6, 1,00 мл 20 мМ раствора хлорида железа (III), 1,00 мл реагента 2,4,6-три-(2-пиридил)-1,3,5-триазина (TPTZ). Смесь выдерживали в термостате в течение 10 мин при температуре 37 °С при периодическом перемешивании.

В пробирки прибавляли 1,00 мл реактива FRAP, 3,00 мл дистиллированной воды, 0,10 мл готового экстракта шоколада или продуктов переработки какао-бобов концентрацией 0,1 мг/см<sup>3</sup>. В контрольную пробу приливали вместо экстракта 0,10 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 4 мин при температуре 37 °С при периодическом перемешивании.

Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливали дистиллированную воду. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг исходного продукта.

**Метод оценки антиоксидантных свойств с использованием модельной системы с линолевой кислотой.** Метод исследований на модели с линолевой кислотой основан на регистрации перекисления линолевой кислоты, которое определялось по реакции веществ, реагирующих с радикалом аммония и хлоридом железа (II) при 500 нм, образующихся при нагревании при 40 °С за период 120 ч смеси из экстракта шоколада или продуктов переработки какао-бобов, линолевой кислоты, фосфатного буфера и Tween-20 [23].

В колбы, снабженные притертой пробкой, к 1,00 мл экстракта с концентрацией 0,1 мг/см<sup>3</sup> приливали 1,00 мл 2,51%-го спиртового раствора линолевой кислоты, 2,00 фосфатного буфера pH 7,0, добавляли 1,00 мл 50%-го этилового спирта и 1 мл раствора Tween 20. В пробы контроля вместо экстракта добавляли дистиллированную воду. Пробы выдерживали в термостате в течение 120 ч при температуре 40 °С. После выдержки отбирали 0,1 мл смеси, добавляли 9,70 мл 75%-го этилового спирта, 0,10 мл 30%-го раствора аммониевой соли тиоциановой кислоты. Выдерживали в течение 3 мин. Добавляли 0,10 мл 0,1 М раствора хлорида железа (II).

Анализ проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 500 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливали дистиллированную воду. Результаты рассчитывали в процентах ингибирования процессов окисления линолевой кислоты.

## Результаты и обсуждение

Именно общее содержание фенолов считают определяющим показателем уровня антиоксидантной активности пищевых систем [24]. В нашей работе были исследованы продукты переработки какао-бобов: масло какао, какао-порошок, какао тертое, какао-крупка. Эти продукты являются исходным сырьем для производства шоколада. В зависимости от вида, наименования шоколада и его производителя соотношение этих видов исходного сырья может быть различным. Из данных рис. 1 очевидно, что какао-масло обладает невысоким содержанием фенолов (203 мг ГК/100 г), тогда как другие продукты показывают высокие значения общего содержания фенолов. В порядке убывания этого показателя все продукты можно расположить в ряд: какао-крупка (1 715 мг ГК/100 г) > какао-порошок (1 562 мг ГК/100 г) > какао тертое (1 408 мг ГК/100 г). Проанализировав значение общего содержания фенолов для 14 образцов шоколада, можно отметить, что почти для всех исследуемых объектов значения составляют интервал от 922 (№ 8) до 1 066 (№ 9) мг ГК/100 г. Из этого предела значений выпадают два образца шоколада: с добавлением экстракта перца № 10 (1 397 мг ГК/100 г) и кондитерская плитка № 11 (570 мг ГК/100 г). Таким образом, можно предположить, что добавка перца как специи, обладающей высоким содержанием фенолов по литературным данным [25], увеличивает показатель содержания фенолов в шоколаде. Тогда как получение кондитерских плиток из заменителей сырья для производства шоколада – более дешевых и доступных растительных масел и красителей – приводит к снижению показателя общего содержания фенолов.

К классу флавоноидов относится большое количество соединений, отличающихся строением, но сходных по биологическому действию [16]. Многие исследователи считают [26] доказанной взаимосвязь между содержанием флавоноидов и уровнем биологического действия, в том числе антиоксидантного. Данные рис. 2 позволяют сделать ряд выводов относительно содержания флавоноидов в исследуемых объектах. Три продукта – какао-порошок, какао тертое, какао-крупка – имеют близкие значения (920–935 мг К/100 г), тогда как в образце какао-масла данным методом флавоноиды обнаружить не удалось. Среди образцов шоколада также есть продукты с высоким содержанием флавоноидов – это образец № 10 (442 мг К/100 г), тогда как два другие вида шоколада: образцы № 1 и 11 имеют более низкие значения (122 и 148 мг К/100 г). Другие образцы исследованного шоколада обладают более ровными значениями в диапазоне 202–304 мг К/100 г. Интересно отметить, что образец шоколада с добавлением экстракта перца имеет и высокие

показатели по содержанию фенолов, тогда как показатели содержания фенолов кондитерской плитки – довольно низкие.

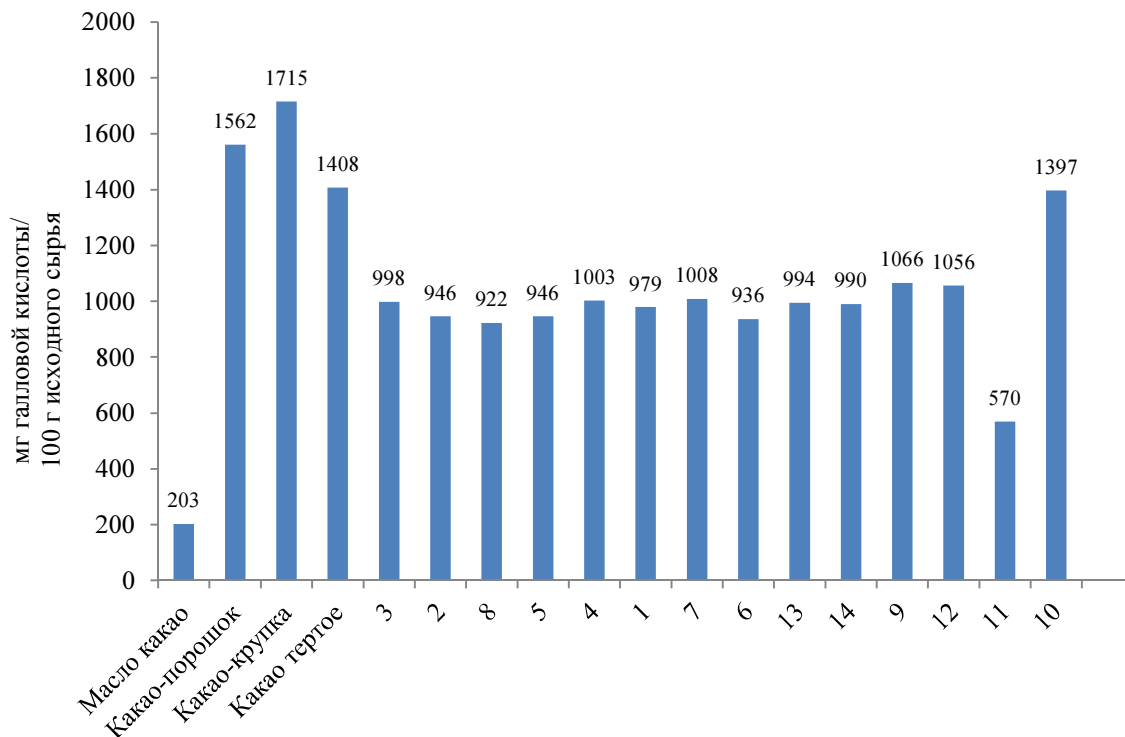


Рис. 1. Общее содержание фенолов в образцах шоколада и продуктах переработки какао-бобов  
 Fig. 1. Total content of phenols in chocolate samples and cocoa beans processing products

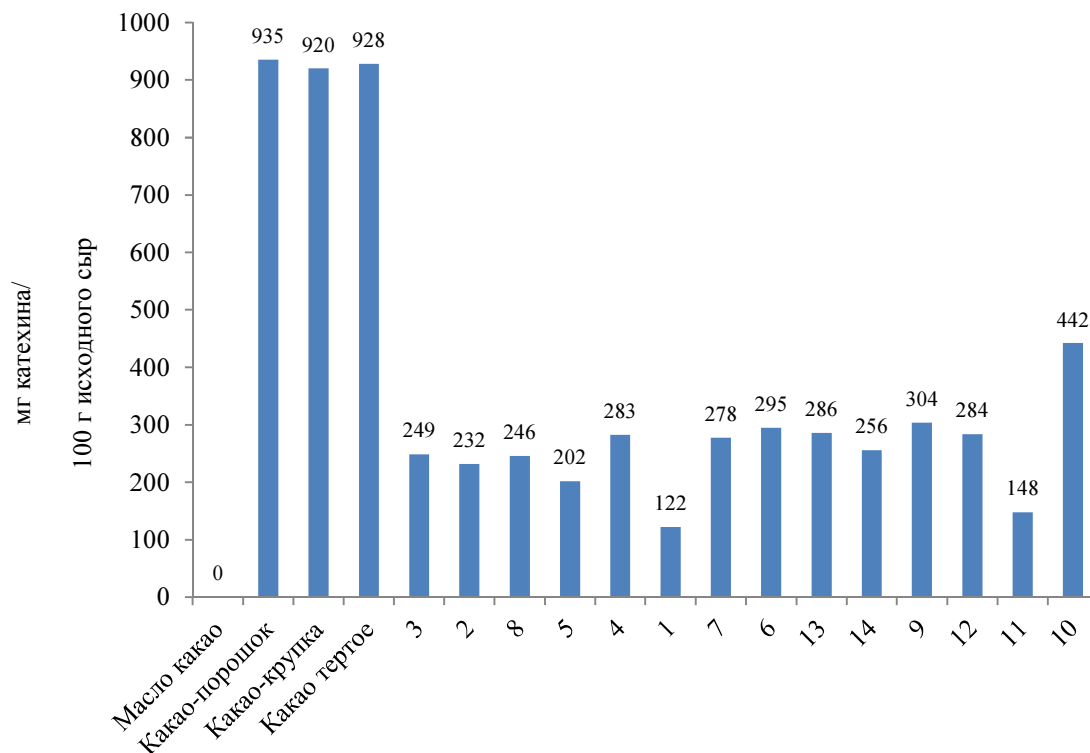


Рис. 2. Общее содержание флавоноидов в образцах шоколада и продуктах переработки какао-бобов  
 Fig. 2. The total content of flavonoids in chocolate samples and cocoa bean processing products

Радикалы являются не только очень реактивными частицами, но и сильно разрушают структуру живой клетки, действуя агрессивно, что приводит к мутациям клетки или к ее гибели. Поэтому изучение антирадикальной активности является важной составляющей антиоксидантного потенциала пищевых систем [27]. Как видно из данных рис. 3, масло какао не проявляет способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), тогда как три других продукта, полученных при переработке какао-бобов, имеют очень высокие значения  $E_{C50}$ : какао-порошок (3,2 мг/см<sup>3</sup>), какао тертое (3,5 мг/см<sup>3</sup>), какао-крупка (4,7 мг/см<sup>3</sup>). На уровне какао-крупки значения  $E_{C50}$  имеют три образца шоколада: № 2 (4,6 мг/см<sup>3</sup>), № 8 (5,1 мг/см<sup>3</sup>), № 6 (4,9 мг/см<sup>3</sup>). Во вторую группу по показателю  $E_{C50}$  в диапазоне 6,6–8,6 мг/см<sup>3</sup> входят образцы шоколада: № 5 (6,6 мг/см<sup>3</sup>), № 3 (6,7 мг/см<sup>3</sup>), № 13 (7,2 мг/см<sup>3</sup>), № 9 (7,3 мг/см<sup>3</sup>), № 12 (7,4 мг/см<sup>3</sup>), № 14 (7,7 мг/см<sup>3</sup>), № 4 (7,9 мг/см<sup>3</sup>), № 7 (8,6 мг/см<sup>3</sup>). Образцы шоколада № 1 и 10 демонстрируют более низкие значения (10,9 и 30,0 мг/см<sup>3</sup>), а кондитерская плитка № 11 имеет самые низкие результаты (136,2 мг/см<sup>3</sup>). Таким образом, образец № 11 (кондитерская плитка), как и в случае двух других показателей (фенолы и флавоноиды), характеризуется низкими значениями.

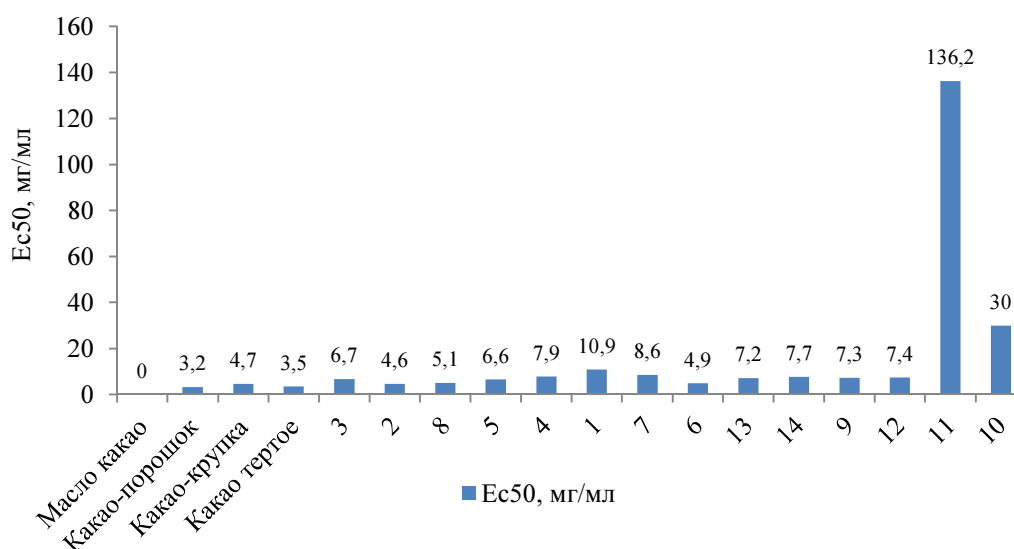


Рис. 3. Антирадикальная активность для образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов  
Fig. 3. Antiradical activity for chocolate samples and cocoa bean products

Проведенная корреляция между содержанием фенолов и флавоноидов и антирадикальной активностью для изученных образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов (рис. 4 и 5) показывает высокую зависимость между этими показателями.

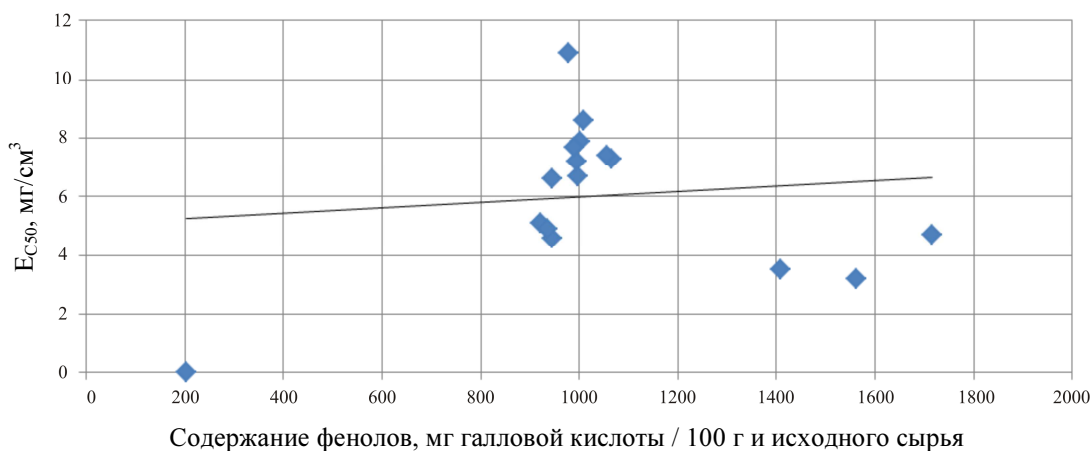


Рис. 4. Корреляция между содержанием фенолов и антирадикальной активностью для образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов  
Fig. 4. Correlation between phenolic content and antiradical activity for chocolate samples and cocoa bean products

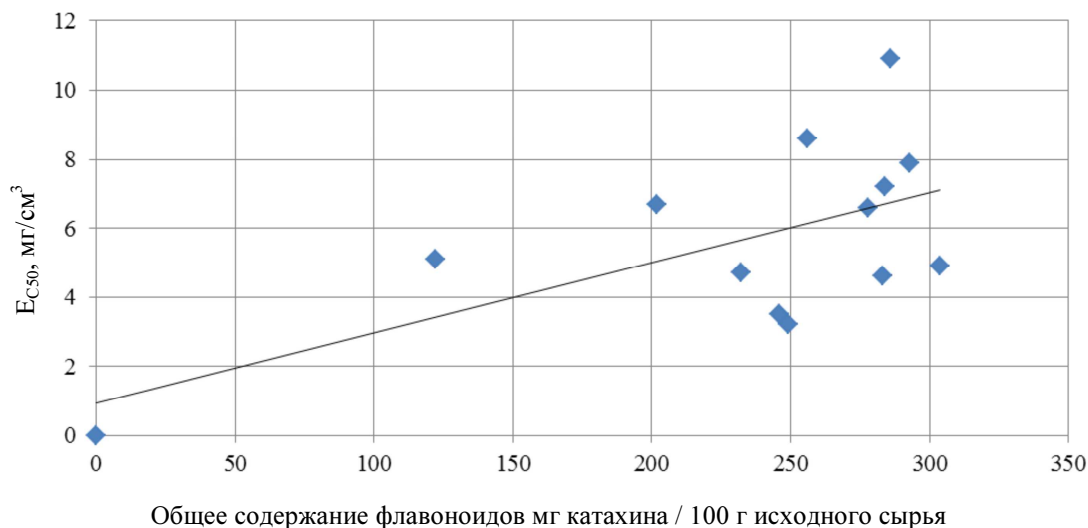


Рис. 5. Корреляция между содержанием флавоноидов и антирадикальной активностью для образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов  
 Fig. 5. Correlation between the content of flavonoids and antiradical activity for chocolate samples and cocoa bean products

Одним из важнейших показателей антиоксидантной активности является способность ингибировать действие ионов металлов в качестве катализаторов процессов окисления, определяемое как восстанавливающая сила по методу FRAP. При рассмотрении результатов рис. 6 для всех продуктов, полученных из какао-бобов, наблюдается разделение на 2 группы: с высокими показателями – какао-порошок (10,35 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг) и какао-крупка (11,88 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг) и с низкими – какао-масло (7,83 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг) и какао тертое (7,29 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг). В то же время все анализируемые образцы шоколада можно разделить на 3 группы: с низкими показателями – № 3 (6,12 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 1 (8,73 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг) и № 10 (9,27 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг); со средними показателями – № 2 (13,77 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 4 (13,16 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 7 (12,06 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 6 (12,78 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 14 (11,88 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 12 (12,96 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 11 (11,97 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг); с высокими – № 8 (18,18 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг), № 5 (17,64 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг) и № 9 (20,34 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг). Необходимо отметить, что показатель восстанавливающей силы для большинства образцов шоколада имеет средние и высокие значения.

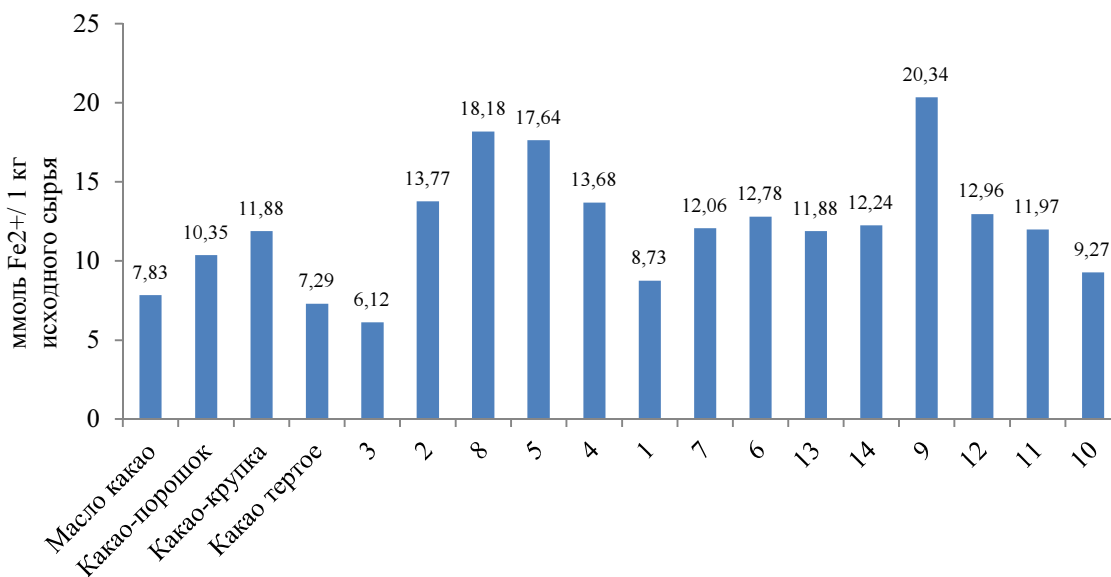


Рис. 6. Значение восстанавливающей силы для образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов  
 Fig. 6. The value of the restoring force for chocolate samples and cocoa beans



Одной из важнейших функций антиоксидантов является торможение процессов окисления непредельных карбоновых кислот. Поэтому методика исследования антиоксидантной активности по ингибированию окисления линолевой кислоты очень востребована при исследовании антиоксидантной силы пищевых систем. Для всех видов продуктов переработки какао-бобов этот показатель не превышает 32,0 % для какао-порошка (табл. 2). На этом же уровне находятся и показатели для разных образцов шоколада. Однако наблюдаются и два "интересных" исключения – это какао-масло (68,9 %) и шоколад с экстрактом перца № 10 (55,4 %). Можно предположить, что этот изучаемый показатель в случае какао-масла имеет высокие значения за счет содержания природных антиоксидантов – токоферолов, а в случае шоколада № 10 – именно экстракт перца увеличивает стабильность линолевой кислоты. Кондитерская плитка № 11 практически не ингибирует окисление линолевой кислоты.

Таблица 2. Значение ингибирования окисления линолевой кислоты для образцов шоколада и продуктов переработки какао-бобов  
Table 2. The inhibition of linoleic acid oxidation for chocolate samples and cocoa bean products

Исследуемый объект	Показатель, % Ингиб линолевой кислоты
Масло какао	68,9
Какао-порошок	32
Какао-крупка	21,4
Какао тертое	22,8
№ 3	25,4
№ 2	23,7
№ 8	27,6
№ 5	20,5
№ 4	25,8
№ 1	22,3
№ 7	26,5
№ 6	20,4
№ 13	29,5
№ 14	29,5
№ 9	29,2
№ 12	20
№ 11	5,2
№ 10	55,4

### Заключение

Сравнительный анализ полученных результатов по изучению химического состава и антиоксидантной активности для шоколада с данными для других растительных систем (фрукты, мед, хлебобулочные изделия, соки [28–29]) дает возможность констатировать, что шоколад имеет лидирующие позиции и может быть рекомендован как источник флавоноидов. Однако высокая цена некоторых наименований шоколада, красивая упаковка не дают им преимуществ как изделиям с антиоксидантными свойствами перед более "скромными" образцами шоколада. Несомненный интерес не только с точки зрения вкусового разнообразия, но и с точки зрения функциональности имеют новые наименования шоколада с добавками экстрактов растительного сырья.

### Библиографический список

1. Шоколад и шоколадные изделия. Сырье, свойства, оборудование, технологии / ред.-сост. С. Т. Беккет. СПб.: Профессия, 2013. 703 с.
2. Мисникова И. В., Древаль А. В., Барсуков И. А., Дзедзисашвили Т. Г. Основные факторы риска нарушения углеводного обмена // Вопросы питания. 2011. Т. 80, № 4. С. 68–72.
3. Шарфетдинов Х. Х., Плотникова О. А., Чуричева А. М., Пилипенко В. В., Алексеева Р. И. [и др.]. Оценка эффективности специализированного пищевого продукта с модифицированным углеводным профилем у больных сахарным диабетом 2 типа // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 6. С. 103–109.
4. Коденцова В. М., Вржесинская О. А., Мазо В. К. Витамины и окислительный стресс // Вопросы питания. 2013. Т. 82, № 3. С. 11–18.
5. Басов А. А., Быков И. М. Сравнительная характеристика антиоксидантного потенциала и энергетической ценности некоторых пищевых продуктов // Вопросы питания. 2013. Т. 82, № 3. С. 77–80.
6. Taberero M., Serrano J., Saura-Calixto F. The antioxidant capacity of cocoa products: contribution to the Spanish diet // International Journal of Food Science & Technology. 2006. V. 41, Iss. 1. P. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01239.x>.

7. Brcanović J. M., Pavlović A. N., Mitić S. S., Stojanović G. S., Manojlović D. D. [et al.]. Cyclic voltammetric determination of antioxidant capacity of cocoa powder, dark chocolate and milk chocolate samples: correlation with spectrophotometric assays and individual phenolic compounds // *Food Technology and Biotechnology (FTB)*. 2013. V. 51, N 4. P. 460–470.
8. Ibrić A., Ćavar S. Phenolic compounds and antioxidant activity of cocoa and chocolate products // *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*. 2014. V. 42. P. 37–40.
9. Crozier S. J., Preston A. G., Hurst J. W., Payne M. J., Mann J. [et al.]. Cacao seeds are a "Super Fruit": a comparative analysis of various fruit powders and products // *Chemistry Central Journal*. 2011, V. 5, N 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-5>.
10. Abbe Maleyki M. J., Ismail A. Antioxidant properties of cocoa powder // *Journal of Food Biochemistry*. 2010. V. 34, Iss. 1. P. 111–128. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2009.00268.x>.
11. Onomo P. E., Niemenak N., Djocgoue P. F., Ondobo M. L., Ndoumou D. O. Heritability of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity of Cameroonian cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans // *African Journal of Biotechnology*. 2015. V. 14, N 36. P. 2672–2682. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.14715>.
12. Emelda A. Polyphenol total content, IC<sub>50</sub> and antioxidant activities of ethanol extract from some cocoa (*Theobroma cacao*) beans in South Sulawesi Indonesia // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2015. V. 7, Iss. 4. P. 1211–1214.
13. Sulistyowati M. Effects of alkali concentration and conching temperature on antioxidant activity and physical properties of chocolate // *International Food Research Journal*. 2008. V. 15, Iss. 3. P. 297–304.
14. Martínez R., Torres P., Meneses M. A., Figueroa J. G., Pérez-Álvarez J. A. [et al.]. Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products // *Food Research International*. 2012. V. 49, Iss. 1. P. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>.
15. Sokolov A. N., Pavlova M. A., Klosterhalfen S., Enck P. Chocolate and the brain: Neurobiological impact of cocoa flavanols on cognition and behavior // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2013. V. 37, Iss. 10, Part 2. P. 2445–2453. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.06.013>.
16. Тутельян В. А., Лашнева Н. В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // *Вопросы питания*. 2013. Т. 82, № 1. С. 4–22.
17. Vinson J. A., Proch J., Bose P., Muchler S., Taffera P. Chocolate is a powerful *ex vivo* and *in vivo* antioxidant, an antiatherosclerotic agent in an animal model, and a significant contributor to antioxidants in the European and American diets // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006. V. 54, Iss. 21. P. 8071–8076.
18. Cervellati R., Greco E., Costa S., Guerra M. C., Speroni E. A comparison of antioxidant properties between artisan-made and factory-produced chocolate // *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. V. 43, Iss. 10. P. 1866–1870. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01765.x>.
19. Afshar F. H., Delazar A., Nazemiyeh H., Esnaashari S., Moghadam S. B. Comparison of the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activity of methanolic extracts of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran // *Pharmaceutical Sciences*. 2012. V. 18, Iss. 3. P. 165–170.
20. Hajimahmoodi M., Moghaddam G., A. Ranjbar M., Khazani H., Sadeghi N. [et al.]. Total phenolic, flavonoids, tannin content and antioxidant power of some Iranian pomegranate flower cultivars (*Punica granatum* L.) // *American Journal of Plant Sciences*. 2013. N 4. P. 1815–1820. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.49223>.
21. Karamian R., Ghasemlou F. Screening of total phenol and flavonoid content, antioxidant and antibacterial activities of the methanolic extracts of three Silene species from Iran // *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2013. V. 5, N 3. P. 305–312.
22. Rabeta M. S., Nur Faraniza R. Total phenolic content and ferric reducing antioxidant power of the leaves and fruits of *Garcinia atrovirdis* and *Cynometra cauliflora* // *International Food Research Journal*. 2013. V. 20, N 4. P. 1691–1696.
23. Somawathi K. M., Rizliya V., Wijesinghe D. G. N. G., Madhujith W. M. T. Antioxidant activity and total phenolic content of different skin coloured brinjal (*Solanum melongena*) // *Tropical Agricultural Research*. 2014. V. 26, N 1. P. 152–161. DOI: <http://doi.org/10.4038/tar.v26i1.8080>.
24. Ozcan T., Akpinar-Bayizit A., Yilmaz-Ersan L., Delikanli B. Phenolics in human health // *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2014. V. 5, N 5. P. 393–396.
25. Nadeem M., Anjum F. M., Khan M. R., Saeed M., Riaz A. Antioxidant potential of bell pepper (*Capsicum annum* L.): a review // *Pakistan Journal of Food Science*. 2011. V. 21, Iss. 1–4. P. 45–51.
26. Brunetti C., Di Ferdinando M., Fini A., Pollastr S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. V. 14. P. 3540–3555. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14023540>.
27. Kunwar A., Priyadarsini K. I. Free radicals, oxidative stress and importance of antioxidants in human health : a review // *Journal of Medical and Allied Sciences*. 2011. V. 1, Iss. 2. P. 53–60.

28. Макарова Н. В. Антиоксидантные свойства зерна, меда и экзотических фруктов : монография // Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2014. 180 с.

29. Макарова Н. В. Антиоксидантные свойства фруктов: факторы влияния, применение, готовые продукты : монография // Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2015. 471 с.

## References

1. Shokolad i shokoladnye izdeliya. Syire, svoystva, oborudovanie, tehnologii [Chocolate and chocolate products. Raw materials, properties, equipment, technologies] / red.-sost. S. T. Bekket. SPb. : Professiya, 2013. 703 p.
2. Misnikova I. V., Dreval A. V., Barsukov I. A., Dzebisashvili T. G. Osnovnye faktory riska narusheniya uglevodnogo obmena [The main risk factors for the breakdown of carbohydrate metabolism] // Voprosy pitaniya. 2011. V. 80, N 4. P. 68–72.
3. Sharafetdinov H. H., Plotnikova O. A., Churicheva A. M., Pilipenko V. V., Alekseeva R. I. [i dr.]. Otsenka effektivnosti spetsializirovannogo pischevogo produkta s modifitsirovannym uglevodnym profilem u bolnyh saharnym diabetom 2 tipa [Evaluation of the effectiveness of a specialized food product with a modified carbohydrate profile in patients with type 2 diabetes mellitus] // Voprosy pitaniya. 2016. V. 85, N 6. P. 103–109.
4. Kodentsova V. M., Vrzhesinskaya O. A., Mazo V. K. Vitaminy i okislitelnyi stress [Vitamins and oxidative stress] // Voprosy pitaniya. 2013. V. 82, N 3. P. 11–18.
5. Basov A. A., Bykov I. M. Sravnitel'naya karakteristika antioksidantnogo potentsiala i energeticheskoy tsennosti nekotorykh pischevykh produktov [Comparative characteristics of antioxidant potential and energy value of some food products] // Voprosy pitaniya. 2013. V. 82, N 3. P. 77–80.
6. Taberner M., Serrano J., Saura-Calixto F. The antioxidant capacity of cocoa products: contribution to the Spanish diet // International Journal of Food Science & Technology. 2006. V. 41, Iss. 1. P. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01239.x>.
7. Brcanović J. M., Pavlović A. N., Mitić S. S., Stojanović G. S., Manojlović D. D. [et al.]. Cyclic voltammetric determination of antioxidant capacity of cocoa powder, dark chocolate and milk chocolate samples: correlation with spectrophotometric assays and individual phenolic compounds // Food Technology and Biotechnology (FTB). 2013. V. 51, N 4. P. 460–470.
8. Ibrić A., Čavar S. Phenolic compounds and antioxidant activity of cocoa and chocolate products // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2014. V. 42. P. 37–40.
9. Crozier S. J., Preston A. G., Hurst J. W., Payne M. J., Mann J. [et al.]. Cacao seeds are a "Super Fruit": a comparative analysis of various fruit powders and products // Chemistry Central Journal. 2011, V. 5, N 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-5>.
10. Abbe Maleyki M. J., Ismail A. Antioxidant properties of cocoa powder // Journal of Food Biochemistry. 2010. V. 34, Iss. 1. P. 111–128. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2009.00268.x>.
11. Onomo P. E., Niemenak N., Djocgoue P. F., Ondobo M. L., Ndoumou D. O. Heritability of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity of Cameroonian cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans // African Journal of Biotechnology. 2015. V. 14, N 36. P. 2672–2682. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.14715>.
12. Emelda A. Polyphenol total content,  $I_{C50}$  and antioxidant activities of ethanol extract from some cocoa (*Theobroma cacao*) beans in South Sulawesi Indonesia // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2015. V. 7, Iss. 4. P. 1211–1214.
13. Sulistyowati M. Effects of alkali concentration and conching temperature on antioxidant activity and physical properties of chocolate // International Food Research Journal. 2008. V. 15, Iss. 3. P. 297–304.
14. Martínez R., Torres P., Meneses M. A., Figueroa J. G., Pérez-Álvarez J. A. [et al.]. Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products // Food Research International. 2012. V. 49, Iss. 1. P. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>.
15. Sokolov A. N., Pavlova M. A., Klosterhalfen S., Enck P. Chocolate and the brain: Neurobiological impact of cocoa flavanols on cognition and behavior // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2013. V. 37, Iss. 10, Part 2. P. 2445–2453. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.06.013>.
16. Tutel'yan V. A., Lashneva N. V. Biologicheski aktivnye veschestva rastitelnogo proishozhdeniya. Flavonoly i flavony: rasprostranennost, pischevye istochniki, potreblenie [Biologically active substances of vegetable origin. Flavonols and flavones: prevalence, food sources, consumption] // Voprosy pitaniya. 2013. V. 82, N 1. P. 4–22.
17. Vinson J. A., Proch J., Bose P., Muchler S., Taffera P. Chocolate is a powerful *ex vivo* and *in vivo* antioxidant, an antiatherosclerotic agent in an animal model, and a significant contributor to antioxidants in the European and American diets // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006. V. 54, Iss. 21. P. 8071–8076.
18. Cervellati R., Greco E., Costa S., Guerra M. C., Speroni E. A comparison of antioxidant properties between artisan-made and factory-produced chocolate // International Journal of Food Science & Technology. 2008. V. 43, Iss. 10. P. 1866–1870. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01765.x>.

19. Afshar F. H., Delazar A., Nazemiyeh H., Esnaashari S., Moghadam S. B. Comparison of the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activity of methanolic extracts of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran // *Pharmaceutical Sciences*. 2012. V. 18, Iss. 3. P. 165–170.
20. Hajimahmoodi M., Moghaddam G., A. Ranjbar M., Khazani H., Sadeghi N. [et al.]. Total phenolic, flavonoids, tannin content and antioxidant power of some Iranian pomegranate flower cultivars (*Punica granatum* L.) // *American Journal of Plant Sciences*. 2013. N 4. P. 1815–1820. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.49223>.
21. Karamian R., Ghasemlou F. Screening of total phenol and flavonoid content, antioxidant and antibacterial activities of the methanolic extracts of three *Silene* species from Iran // *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2013. V. 5, N 3. P. 305–312.
22. Rabeta M. S., Nur Faraniza R. Total phenolic content and ferric reducing antioxidant power of the leaves and fruits of *Garcinia atrovirdis* and *Cynometra cauliflora* // *International Food Research Journal*. 2013. V. 20, N 4. P. 1691–1696.
23. Somawathi K. M., Rizliya V., Wijesinghe D. G. N. G., Madhujith W. M. T. Antioxidant activity and total phenolic content of different skin coloured brinjal (*Solanum melongena*) // *Tropical Agricultural Research*. 2014. V. 26, N 1. P. 152–161. DOI: <http://doi.org/10.4038/tar.v26i1.8080>.
24. Ozcan T., Akpinar-Bayizit A., Yilmaz-Ersan L., Delikanli B. Phenolics in human health // *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2014. V. 5, N 5. P. 393–396.
25. Nadeem M., Anjum F. M., Khan M. R., Saeed M., Riaz A. Antioxidant potential of bell pepper (*Capsicum annum* L.): a review // *Pakistan Journal of Food Science*. 2011. V. 21, Iss. 1–4. P. 45–51.
26. Brunetti C., Di Ferdinando M., Fini A., Pollastr S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. V. 14. P. 3540–3555. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14023540>.
27. Kunwar A., Priyadarsini K. I. Free radicals, oxidative stress and importance of antioxidants in human health : a review // *Journal of Medical and Allied Sciences*. 2011. V. 1, Iss. 2. P. 53–60.
28. Makarova N. V. Antioksidantnye svoystva zerna, meda i ekzoticheskikh fruktov [Antioxidant properties of grain, honey and exotic fruits] : monografiya // *Samara : Samar. gos. tehn. un-t*, 2014. 180 p.
29. Makarova N. V. Antioksidantnye svoystva fruktov: faktory vliyaniya, primeneniye, gotovyye produkty [Antioxidant properties of fruits: factors of influence, application, finished products] : monografiya // *Samara : Samar. gos. tehn. un-t*, 2015. 471 p.

#### Сведения об авторах

**Быков Дмитрий Евгеньевич** – ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, Россия, 443100; Самарский государственный технический университет, д-р техн. наук, профессор; e-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)

**Bykov D. E.** – 244, Molodogvardeiskaya Str., Samara, Russia, 443100; Samara State Technical University, Dr of Tech. Sci., Professor; e-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)

**Макарова Надежда Викторовна** – ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, Россия, 443100; Самарский государственный технический университет, д-р хим. наук, профессор; e-mail: [kafedra-pitanie@rambler.ru](mailto:kafedra-pitanie@rambler.ru)

**Makarova N. V.** – 244, Molodogvardeiskaya Str., Samara, Russia, 443100; Samara State Technical University, Dr of Chem. Sci., Professor; e-mail: [kafedra-pitanie@rambler.ru](mailto:kafedra-pitanie@rambler.ru)

**Валиулина Динара Фанисовна** – ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, Россия, 443100; Самарский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: [dinara-bakieva@mail.ru](mailto:dinara-bakieva@mail.ru)

**Valiulina D. F.** – 244, Molodogvardeiskaya Str., Samara, Russia, 443100; Samara State Technical University, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: [dinara-bakieva@mail.ru](mailto:dinara-bakieva@mail.ru)

D. E. Bykov, N. V. Makarova, D. F. Valiulina

### **Chocolate as a product for functional nutrition**

The problem of producing food products with functional properties has become increasingly urgent in the recent years. This is explained by the deterioration of the overall ecological situation, the decline in the quality of life, the emergence of a large number of chronic and widespread diseases. An increasing number of doctors and nutritionists are of the opinion that it is nutrition that can prevent many types of diseases. It is functional foods that can serve as a prophylaxis for many diseases: diabetes, cardiovascular changes, oncology, atherosclerosis, etc. Deterioration of the human body is associated with an increase in the amount of free radicals in the body, a decrease in the number of antioxidants inside cells of various organs, i. e. absence or deterioration of its own antioxidant defense system. Many functional products are positioned as products containing vitamins and antioxidants. As a result of chemical composition study (the content of phenols and flavonoids) and antioxidant activity (the ability to trap free radicals of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, reducing force with the FRAP reagent and inhibiting the oxidation of linoleic acid) of the raw material for the production of chocolate – cocoa beans products: cocoa butter, cocoa liquor, cocoa powder, cocoa grain – high values for all products except cocoa butter have been discovered. A comparative study of these indicators for 14 brands of chocolate, both domestic and imported, relating to different price categories has shown that chocolate brands have values of the same level approaching the high levels of raw materials. The level of the studied indicators does not depend on such characteristic of the indicator as a price of chocolate. It has been revealed that such product as chocolate bar cannot be distinguished as an effective antioxidant.

**Key words:** cocoa butter, cocoa liquor, cocoa powder, cocoa grain, chocolate, phenols, flavonoids, free radicals, antioxidant activity, restoring force.