

Питательные свойства хлеба с добавлением пивной дробины

Житков Владимир Владимирович¹, Федоренко Борис
Николаевич¹, Быков Александр Валерьевич¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Житкову В.В., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, дом 11. E-mail: vladimir.v.zhitkov@gmail.com

Отработанное пивоваренное зерно так же называемое дробиной, является дешевым побочным продуктом пивоварения, и в то же время ценным источником пищевых волокон, белка и незаменимых аминокислот, минералов, полифенолов, витаминов и липидов. С учетом ценных нитриональных свойств дробины рациональным подходом является включение ее в состав хлеба и оценка ее вклада в питательный состав, профиль летучих веществ, а также влияние на сенсорные свойства обогащенного хлеба. Замена хлебопекарной муки 5%, 10%, 15% и 20% муки из дробины привела к получению рецептур хлеба с повышенной питательной ценностью (повышенное содержание клетчатки, белка, жира и минералов) и вкусовыми качествами, которые придают характерные летучие соединения. Сенсорный анализ показал, что, по сравнению с хлебом из 100% муки, рецептуры хлеба с добавлением до 10% дробины обладают хорошими органолептическими характеристиками, что указывает на возможность использования этого побочного продукта в качестве обогащающего ингредиента в хлебобулочные изделия.

Ключевые слова: пивоваренное зерно, дробина, BGS, хлеб, летучие соединения, пищевая ценность, функциональный ингредиент.

Введение

В настоящее время проявляется растущий интерес потребителей к функциональной пище, то есть продуктам, содержащим ингредиенты, которые обеспечивают дополнительную пользу для здоровья, помимо основных потребностей в питании. Функциональные пищевые продукты - это продукты, содержащие биологически активные соединения, которые положительно влияют на ключевые функции человеческого организма, имеют отношение к здоровью человека или могут снизить риск хронических заболеваний.

В прежние годы, из-за предпочтений потребителей к белому хлебу, из-за процессов измельчения и просеивания удалялось 70-80% исходного содержания питательных веществ из пшеницы. В частности, исключение клетчатки из рациона привело к увеличению случаев сердечно-сосудистых заболеваний и желудочно-кишечных расстройств. С точки зрения питательности, хлеб в значительной степени отражает пищевую ценность муки и другого сырья, из которого он получен, поэтому необходимо постоянно улучшать его питательные и органолептические свойства. Так как этот

продукт является одним из наиболее широко используемых пищевых продуктов в рационе, необходимо найти эффективные способы дополнить рацион биологически активными соединениями за счет обогащения хлеба (Hooda & Jood, 2005).

Отработанное пивоваренное зерно (Дробина / BGS) - это побочный продукт процесса пивоварения, состоящий из твердого остатка, остающегося после затирания и фильтрации. В основном он состоит из шелухи зерна и других остаточных соединений, которые не превращаются в сбраживаемый сахар в процессе затирания (Леснов, 2011). Традиционно этот материал либо выбрасывают, либо продают в качестве корма для животных. С другой стороны, пищевая промышленность стремится найти новые решения с добавленной стоимостью, которые изменят традиционный взгляд на «отходы» и переклассифицируют их в «побочные продукты». Использование BGS, имеющего низкую денежную ценность, в качестве высокопитательного функционального ингредиента может повысить экономический потенциал пивоваренного предприятия и улучшить диетические свойства различных пищевых продуктов (Скляренко, 2015).

На пивоваренном заводе солодовый ячмень измельчается, смешивается с водой в заторном чане, а затем температура затора медленно повышается с 37 °С до 78 °С, чтобы способствовать ферментативному гидролизу составляющих солода. Сладкая жидкость, полученная на этой стадии затираания, известна как сусло. Нерастворимой, неразложившейся части зерна ячменного солода дают осесть, чтобы сформировать слой в заторном чане, и сладкое сусло фильтруется через него (Колпакчи, 1986). После завершения процесса осахаривания чистое сладкое сусло отделяется от твердых компонентов - отработанного зерна. Затем сусло перекачивается в варочный котел для сусла, а дробина удаляется из фильтровального чана.

Помимо пищевой ценности, одним из основных преимуществ использования BSG в рационе человека является то, что в процессе пивоварения используются ингредиенты, одобренные для пищевого потребления. Следовательно, дробина может быть успешно использована для разработки новых пищевых продуктов, которые могут быть полностью одобрены регулирующими органами здравоохранения (Mukherjee, 2019).

Основная цель обогащения хлеба BSG - получить продукт с функциональными пищевыми характеристиками с точки зрения питания человека. Научные исследования показали, что даже несмотря на то, что на химический состав BSG могут влиять некоторые внутренние (разновидность ячменя) или внешние (время сбора урожая, условия соложения и затираания, а также тип и качество вторичного сырья, добавляемого в процессе пивоварения), факторы, дробина всегда имеет в своем составе значительное количество пищевых волокон, белков и незаменимых аминокислот, а также значительный уровень минералов, полифенолов, витаминов и липидов (Колпакчи, 1986).

Дробина является отличным источником пищевых волокон (60-71%). Целлюлоза и гемицеллюлоза вместе составляют почти 50% (мас.) Состав дробины, свидетельствует о наличии большого количества сахаров в этом материале, причем наиболее распространенными являются ксилоза, глюкоза и арабиноза (Сницарь, 2004). Исследования питания показали, что потребление пищевых волокон (например, лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы) выполняет различные функции в организме человека, оказывая благоприятное воздействие на здоровье, включая снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний, запоров, раздражения толстой кишки, рака толстой кишки, ожирения и диабета (Сницарь, 2004).

BSG также является источником ценного белка, незаменимые аминокислоты составляют примерно 30% от общего содержания белка. Лизин, который, как известно, является лимитирующей аминокислотой в продуктах, полученных из злаков, составляет 14,3% от общего содержания белка дробины (Склярченко, 2015; Колпакчи, 1986). Принимая во внимание вышеупомянутый пищевой состав, BSG является идеальным компонентом для обогащения хлеба.

В настоящей статье рассматривается положительное влияние дробины на качество хлебобулочных изделий, ее вклад в питательный состав, а также на сенсорные свойства обогащенного хлеба при добавлении 5, 10, 15 и 20% BSG от общего количества муки.

Методы исследования

Предварительная подготовка дробины

Высокое исходное содержание влаги в свежей дробине (75-80%) и присутствие значительных уровней полисахарида и белка делают ее особенно восприимчивой к микробной деградации в течение нескольких дней (Stojceska, Ainsworth, Plunkett, & Ibanoglu, 2008). Поэтому необходимо сразу после изготовления применить метод консервации.

Свежие образцы BSG, предназначенные для использования в приготовлении хлеба, консервируют сушкой в печи при 78°C в течение 12 часов. Затем образцы, обожженные в печи до содержания влаги 6%, измельчают в муку с помощью лабораторной мельницы, упаковывают в герметичные (желательно вакуумные) полиэтиленовые пакеты и хранят при комнатной температуре до использования.

Приготовление хлеба

Приготовление хлеба с различным содержанием дробины практически не отличается от приготовления продукции из 100% хлебопекарной муки. Смесь муки (с добавлением 5, 10, 15 и 20% дробины) смешивается с 1,8%-2% соли и 2,5-3% свежих дрожжей и с водой. После смешивания тесто выдерживается в расстойном шкафу при 35°C и относительной влажности 85% в течение 60 минут, после чего из него формируются хлебобулочные изделия и помещаются в формы для выпечки с антипригарным покрытием. Затем тесто подвергают расстойке в течение 50 минут при тех же условиях и сразу выпекают в предварительно нагретой печи.

при 220°C на верхнем и нижнем нагреве в течение 45 минут. Духовой шкаф должен быть предварительно пропарен до и после помещения хлеба.

Содержание влаги, общее содержание клетчатки, белков, жиров, минералов и углеводов, а также калорийность пяти испытанных рецептур хлеба являются одними из определяющих показателей качества любого хлеба. Хлеб с добавлением дробины оценивается по таким же показателям. Влажность, общее содержание клетчатки, белка, жира и уровни минералов увеличиваются пропорционально количеству добавленного BSG, в то время как углеводная и энергетическая ценность уменьшается.

Результаты

Добавленная дробина сильно влияет на общее содержание клетчатки в образцах обогащенного хлеба. Таким образом, добавление 5% BSG удваивает общее количество клетчатки в хлебе, в то время как рецептура хлеба с 20% BSG имеет общий уровень клетчатки в пять раз выше, чем хлеб из 100% хлебопекарной муки.

Хотя потребление пищевых волокон имеет важные последствия для здоровья человека (Anderson, Baird, Davis, Ferreri, Knudtson, & Koraym, 2009), потребление клетчатки как правило ниже рекомендованного. Таким образом, хлеб, обогащенный BSG, можно считать хорошим источником пищевых волокон для достижения необходимого суточного потребления клетчатки (28-36 г/день), необходимого для здорового питания (Anderson, Baird, Davis, Ferreri, Knudtson, & Koraym, 2009).

Увеличение содержания влаги с 37,43% для образца без добавления дробины до 42,09% для образца, содержащего 20% BSG, можно объяснить увеличением содержания волокон, которое приводит к более высокому водопоглощению во время приготовления теста. Напротив, общее количество

углеводов уменьшается (с 53,69% до 40,46%) по мере увеличения содержания BSG. Главный углевод в пшеничной муке представлен крахмалом, в то время как BSG содержит только остаточное количество крахмала, причем это соединение расходуется в результате интенсивного амилолиза во время процесса затирания (Anderson et al., 2009; Makowska, Mindler-Szkudlarz, & Obuchowski, 2013).

Согласно недавним исследованиям, преобладающими липидами, идентифицированными в BSG, были триглицериды (от 55% до 67% всех идентифицированных липидных соединений), за которыми следовало значительное количество свободных жирных кислот (от 18% до 30%) с полезными свойствами для здоровья (Del Rio, Prinsen, & Gutierrez, 2013). Добавление BSG до 20% увеличивает количество общих липидов почти в 3 раза.

Микроэлементы в виде минералов также являются важными компонентами при рассмотрении питательных свойств потенциального пищевого ингредиента. Содержание минералов увеличилось с 0,44% до 1,29% для хлеба с добавкой 20% BSG, включая относительно высокие количества кальция, магния и фосфора.

Увеличение BSG в рецептуре хлеба привело к значительному увеличению питательной ценности хлеба и значительно улучшает содержание пищевых волокон, белков, жиров и минералов в выпечке (Del Rio et al., 2013; Леснов, 2011; Ktenioudaki, Crofton, Scannel, Hannon, Kilcawley, & Gallagher, 2013).

Одна из основных проблем, связанных с включением BSG в пищевые продукты, - это влияние на вкус. Соединения, идентифицированные по летучему профилю образцов хлеба, и их концентрации, перечислены в таблице 2.

Большинство ароматических веществ, как правило, содержится в пшеничном хлебе, они образу-

Таблица 1
Анализ состава хлеба, содержащего различные уровни BSG

Дробина, (%)	Влажность (%)	Клетчатка (%)	Белок (%)	Жиры (%)	Минералы (%)	Углеводы (%)	Эн ценность (kcal/100g)
0	37.43±2.12	0.81±0.06	6.64±0.3	0.39±0.02	0.44±0.02	53.69±3.75	244.83±6.12
5	38.51±1.23	1.91±0.08	7.49±0.86	0.48±0.09	0.68±0.01	49.16±1.96	230.92±4.27
10	40.02±0.91	2.8±0.21	8.28±0.44	0.61±0.01	0.92±0.06	46.22±2.14	223.49±5.09
15	41.14±1.02	3.76±0.34	9.13±0.67	0.72±0.01	1.17±0.21	43.82±1.82	218.28±2.98
20	42.09±0.83	4.52±0.18	10.03±1.12	0.97±0.00	1.29±0.07	40.46±2.03	210.69±3.56

ются во время ферментации, реакции Майяра или окисления липидов. Преобладающими являются спирты (2-метил-1-пропанол, 3-метил-1-бутанол и 2-метил-1-бутанол) и соответствующие альдегиды (2-метилпропаналь, 3-метилбутаналь и 2-метилбутаналь). Концентрация этих соединений в рецептуре хлеба, содержащей 15% и 20% BSG, в три-восемь раз выше, чем в хлебе без дробины. Их атрибут запаха, как правило, описывается как солодовый вкус (Coghe, Martens, D'Hollander, Dirinck, & Delvaux, 2004).

Три летучих компонента, нонаналь, 2-пентилфуран и лимонен, идентифицируются только в образцах хлеба, содержащих BSG. Нонаналь и 2-пентилфуран были обнаруживаются только в рецептурах хлеба, содержащих 15% и 20% BSG, тогда как лимонен был обнаружен во всех образцах хлеба с дробинкой, его концентрация возрастала с увеличе-

нием количества добавленного BSG. Вместо этого, толуол, соединение, запах которого может варьироваться от фруктового, карамельного до подобного растворителю, был обнаружен в относительно высоких количествах в хлебе с 0%, 5% и 10% BSG и отсутствовал в образцах с 15% и 20% BSG.

Обычно концентрация обнаруживаемых летучих соединений увеличивается с увеличением количества добавленной дробины. Тем не менее, существуют определенные соединения, такие как 2-метилпропаналь, 3-метилбутаналь и 2-метилбутаналь, концентрация которых в 5% -ном составе BSG немного ниже, чем в образце 0% BSG. Эти данные объясняются факторами, влияющими на высвобождение летучих соединений, а также изменениями в микроструктуре образцов хлеба, вызванными добавлением BSG (Dong, Piao, Zhang, Zhao, & Hou, 2013).

Таблица 2

Ароматические составляющие в хлебе в зависимости от содержания дробины.

Компонент	Аромат	Содержание дробины, %				
		0	5	10	15	20
Спирты						
2-Метил-1-пропанол	Винный, растворитель	37.83	37.83	75.70	104.71	137.83
2-Метил-1-бутанол	Спиртовой, зелень, солодовый	6.46	8.17	18.81	34.95	42.57
3-Метил-1-бутанол	Солодовый, спиртовой, фруктовый, виски	82.15	106.16	185.01	291.41	312.81
Альдегиды						
2-Метил-1-пропанал	Винный, растворитель, солодовый	10.32	7.68	10.22	82.96	79.61
2-Метил-1-бутанал	Солодовый, масляный, кокос	9.84	6.33	10.41	75.05	84.74
3-Метил-1-бутанал	Масляный, кокос, темный шоколад, миндаль	15.46	12.08	21.90	130.35	136.75
Гексанал	Зелень, травяной, жир	4.08	4.03	5.83	12.69	15.30
Бензальдегид	Миндаль, жженный сахар	3.30	4.55	4.77	5.82	5.58
Нонал	Жир, цитрус, зелень	0.00	0.00	0.00	2.03	1.12
Кетоны						
2,3 Бутандион	Масляный, сырный	5.48	3.53	6.61	7.71	9.06
2,3 Пентандион	Сливки, масло	0.00	0.00	0.00	3.58	4.27
Ацетофенон	Сусло, миндаль, цветочный	2.39	2.89	1.68	3.46	1.44
Другое						
2-Пентил-фуран	Зеленая фасоль, масло	0.00	0.00	0.00	8.91	9.55
Лимонен	Цитрус, мята	0.00	2.46	6.00	19.02	18.2
Толуол	Жгучий, карамельный, фруктовый, растворитель	10.35	10.37	9.08	0.00	0.00

Ароматические соединения, перечисленные в таблице 2, имеют широкий спектр дескрипторов приятного и неприятного запаха, но вклад каждого соединения в аромат образцов хлеба зависит от его пороговых значений запаха, а также от матрицы продукта. Кроме того, вкус, придаваемый пище определенным летучим соединением, напрямую связан с его концентрацией, высвобождением во время жевания и присутствием других летучих соединений (Dong et al., 2013).

Сенсорное качество пищевых продуктов - ключевой фактор в процессе принятия решений потребителем. Гедоническое тестирование часто используется для определения отношения потребителя к пище путем измерения степени принятия нового

продукта или улучшения существующего продукта питания (Dong et al., 2013).

Очень важно, чтобы органолептические свойства хлеба, улучшенные за счет использованного пивоваренного зерна, оставались приемлемыми для потребителей, а уровень качества был аналогичен существующим коммерчески доступным продуктам. Сенсорной оценка образцов хлеба, содержащих добавки BSG по сравнению с обычным хлебом, показаны в таблице 3.

Снижение приемлемости наблюдалось, когда уровни BSG были выше 10%. Хлеб с 5% заменой BSG имел наивысший балл приемлемости (7,88), а также по другим органолептическим характери-

Таблица 3
Сенсорная оценка

Дробина	Цвет	Аромат	Вкус	Текстура	Приемлемость
0 %	7.9	7.58	7.58	7.9	7.8
5 %	7.9	7.5	7.63	7.9	7.88
10 %	7.88	7.68	7.53	7.78	7.83
15 %	7.48	7.2	7.3	7	7.33
20 %	7.7	7.1	7.03	6.75	7.35

стикам. Также можно заметить, что образцы хлеба с добавлением 5% и 10% BSG показали результаты, аналогичные результатам контрольного образца, полученного только из пшеничной муки. Увеличение содержания дробины (15% и 20%) привело к более низким оценкам общих характеристик приемлемости (7,33 соответственно 7,35).

Обсуждение

Признаками, которые повлияли на приемлемость, были преимущественно вкус и текстура, при этом образцы, содержащие как 15%, так и 20% BSG, получали значительно более низкие оценки по сравнению с контролем, и образцов с добавлением 5% и 10% BSG. Для всех образцов хлеба оценки текстуры уменьшались с увеличением замещения BSG и одновременно с увеличением содержания клетчатки. В общем, добавление богатых клетчаткой ингредиентов привело к увеличению твердости мякиша за счет сшивки белков глютена (Autto, Kruss, Knaapila, Gerber, Flander, & Buchert, 2005). Цвет ломтиков хлеба становился визуально темнее по мере увеличения уровня дробины, что напрямую связано с увеличением содержания клетчатки.

Значительное увеличение количества летучих соединений с солодовым вкусом в рецептурах хлеба с 15% и 20% BSG по сравнению с образцами с 0%, 5% и 10% BSG может быть причиной плохих оценок, полученных для этих образцов.

Наконец, сенсорная оценка показала, что хлеб с замещением BSG до 10% получил более высокий балл, чем контрольный образец белого хлеба. Исследования продемонстрировали, что добавление BSG на уровне 15% является верхним пределом органолептической приемлемости.

Вывод

Замена пшеничной муки 5-20% BSG привела к получению рецептур хлеба с повышенной питательной ценностью (повышенное содержание клетчатки, белков, жиров и минералов) и с приятными вкусовыми качествами, которые придают характерные летучие соединения. Общая приемлемость хлеба, обогащенного BSG, на основании сенсорного анализа, показала хорошие органолептические свойства образцов с содержанием дробины до 10%. Полученные результаты указывают на возмож-

ность использования BSG в качестве недорогого источника пищевых волокон в хлебопечении с целью обогащения рациона.

Литература

- Колпакчи, А. П. (1986). *Вторичные материальные ресурсы пивоварения*. Агропромиздат.
- Леснов, А. П., Никитин, С. И., & Лазаревич Александр Николаевич (2011). Современные биотехнологии переработки пивной дробины в высокобелковые экологически безопасные корма. *Природообустройство*, (4), 26-31.
- Скляренко, С. А., Шаров, В. И., & Баландин, В. Г. (2016). Биоэкономика переработки отходов пивоваренной отрасли для вторичного потребления предприятиями пищевой промышленности. *Биоэкономика и экобиополитика*, 1(2), 86-90.
- Сницарь, А. И., Космадемьянский, Ю. В., Дардик, В. Б., & Иванов, А. В. (2004). Обоснование работы и экономической эффективности линии производства муки из пивной дробины. *Вестник Аромарос - М*, 28-29.
- Anderson, J., Baird, P., Davis, R., Ferreri, S., Knudtson, M., & Koraym, A. (2009). Healths benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>
- Autio, K., Kruus, K., Knaapila, A., Gerber, N., Flander, L., & Buchert, J. (2005). Kinetics of transglutaminase-induced cross-linking of wheat proteins in dough. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(4), 1039-1045. <https://doi.org/10.1021/jf0485032>
- Coghe, S., Martens, E., D'Hollander, H., Dirinck, P., & Delvaux, F. (2004). Sensory and instrumental flavour analysis of wort brewed with dark specialty malts. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(2), 94-103.
- Del Rio, J., Prinsen, P., & Gutierrez, A. (2013). Chemical composition of lipids in brewer's spent grain: A promising source of valuable phytochemicals. *Journal of Cereal Science*, 58(2), 248-254. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.07.001>
- Dong, L., Piao, Y., Zhang, X., Zhao, C., & Hou, Y. (2013). Analysis of volatile compounds from a malting process using headspace solid-phase micro-extraction and GC-MS. *Food Research International*, 51(2), 783-789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.052>
- Hooda, S., & Jood, S. (2005). Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. *Nutrition and Food Science*, 35(4), 229-242. <https://doi.org/10.1108/00346650510605621>
- Ktenioudaki, A., Crofton, E., Scannel, G., Hannon, J., Kilcawley, K., & Gallagher, E. (2013). Sensory properties and aromatic composition of baked snacks containing brewer's spent grain. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 384-390. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.01.009>
- Makowska, A., Mildner-Szkudlarz, S., Obuchowski, W. (2013). Effect of Brewer's Spent Grain Addition on Properties of Corn Extrudates with an Increased Dietary Fibre Content. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(1), 19-24. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0061-9>
- Mukherjee, P. K. (2019). Bioactive phytocomponents and their analysis. In *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs*, (p. 237-328). Elsevier.
- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., & Ibanoglu, S. (2008). The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 469-479. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.05.016>

Nutritional Properties of Bread With the Addition of Brewing Spent Grains

Vladimir V. Zhitkov¹, Boris N. Fedorenko¹,
Alexander V. Bykov¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Vladimir V. Zhitkov, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. E-mail: vladimir.v.zhitkov@gmail.com

Waste brewing grain, also called spent grain, is a cheap by-product of brewing, and at the same time a valuable source of dietary fiber, protein and essential amino acids, minerals, polyphenols, vitamins and lipids. Taking into account the valuable nutritive properties of spent grain, a rational approach is to include it in bread and evaluate its contribution to the nutritional composition, profile of volatiles, and also its effect on the sensory properties of fortified bread. Replacing bread flour with 5%, 10%, 15% and 20% grain flour has resulted in bread formulations with increased nutritional value (higher fiber, protein, fat and minerals) and flavoring qualities that impart characteristic volatile compounds. Sensory analysis has shown that, compared to bread made with 100% flour, bread formulations with up to 10% grains have good organoleptic characteristics, which indicates the possibility of using this by-product as an enrichment ingredient in baked goods.

Key words: brewing grain, grain, BGS, bread, volatile compounds, nutritional value, functional ingredient.

References

- Kolpakchi, A. P. (1986). *Vtorichnye material'nye resursy pivovareniya* [Secondary material resources of brewing]. Agropromizdat.
- Lesnov, A.P., Nikitin, S.I., & Lazarevich Alexander Nikolaevich (2011). Modern biotechnology for processing brewer's grains into high-protein, environmentally friendly feed. *Prirodooobustroystvo* [Environmental management], (4), 26-31.
- Sklyarenko, S. A., Sharov, V. I., & Balandin, V. G. (2016). Bioeconomics of recycling waste from the brewing industry for secondary consumption by food industry enterprises. *Bioekonomika i ekobiopolitika* [Bioeconomics and Ecobiopolitics], 1(2), 86-90.
- Snitsar, A. I., Kosmademyansky, Yu.V., Dardik, V. B., & Ivanov, A. V. (2004). Justification of the operation and economic efficiency of the line for the production of flour from beer drobina. *Vestnik Aromaros - M* [Aromaros Bulletin - M], 28-29.
- Anderson, J., Baird, P., Davis, R., Ferreri, S., Knudtson, M., & Koraym, A. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>
- Autio, K., Kruus, K., Knaapila, A., Gerber, N., Flander, L., & Buchert, J. (2005). Kinetics of transglutaminase-induced cross-linking of wheat proteins in dough. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(4), 1039–1045. <https://doi.org/10.1021/jf0485032>
- Coghe, S., Martens, E., D'Hollander, H., Dirinck, P., & Delvaux, F. (2004). Sensory and instrumental flavour analysis of wort brewed with dark specialty malts. *Journal of the Institute of Brewing*, 110(2), 94–103.
- Del Rio, J., Prinsen, P., & Gutierrez, A. (2013). Chemical composition of lipids in brewer's spent grain: A promising source of valuable phytochemicals. *Journal of Cereal Science*, 58(2), 248-254. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.07.001>
- Dong, L., Piao, Y., Zhang, X., Zhao, C., & Hou, Y. (2013). Analysis of volatile compounds from a malting process using headspace solid-phase micro-extraction and GC-MS. *Food Research International*, 51(2), 783–789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.052>
- Hooda, S., & Jood, S. (2005). Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. *Nutrition and Food Science*, 35(4), 229-242. <https://doi.org/10.1108/00346650510605621>
- Ktenioudaki, A., Crofton, E., Scannel, G., Hannon, J., Kilcawley, K., & Gallagher, E. (2013). Sensory properties and aromatic composition of baked snacks containing brewer's spent grain. *Journal*

How to Cite

Zhitkov, V. V., Fedorenko, B. N., & Bykov, A. V. (2020). Nutritional properties of bread with the addition of brewing spent grains. *Health, Food & Biotechnology*, 2(4). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i4.s75>

- of Cereal Science*, 57(3), 384-390. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.01.009>
- Makowska, A., Mildner-Szkudlarz, S., Obuchowski, W. (2013). Effect of Brewer's Spent Grain Addition on Properties of Corn Extrudates with an Increased Dietary Fibre Content. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(1), 19-24. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0061-9>
- Mukherjee, P. K. (2019). Bioactive phytochemicals and their analysis. In *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs*, (p. 237-328). Elsevier.
- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., & Ibanoglu, S. (2008). The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 469-479. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.05.016>