

## *ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ CLORELLA VULGARIS В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ*

**Д.С. ДВОРЕЦКИЙ, В.В. АПАРШЕВА**

*Тамбовский государственный технический университет,  
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Советская, 106  
электронная почта: veraaparsheva@mail.ru*

Проанализированы перспективы использования *Clorella vulgaris* в технологии хлебобулочных изделий. Исследовано влияние микроводоросли на органолептические и физико-химические показатели качества готовых хлебобулочных изделий. Установлен антибактериальный эффект компонентов суспензии хлореллы по отношению к спорам плесени. Проведены экспериментальные исследования влияния микроводоросли *Clorella vulgaris* на микробиологическую устойчивость хлеба при хранении.

**Ключевые слова:** хлебобулочные изделия, биологически активные вещества, микроводоросли *Clorella vulgaris*

Одной из приоритетных задач государственной политики является сохранение здоровья населения и профилактика заболеваний, вызванных нарушениями пищевого статуса. В рамках реализации комплекса мер по улучшению здоровья граждан и инновационного развития хлебопекарного комплекса предусмотрено расширение ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности, профилактической направленности, функциональных и обогащенных [1, 2]. Очевидно, что производство таких продуктов невозможно без расширения сырьевой базы хлебопекарных предприятий, внедрения современных технологий и биотехнологических инноваций [3, 4].

Перспективными видами сырья для хлебопекарной промышленности являются микроводоросли, поскольку они обладают высокой биологической активностью и являются ценным источником биологически активных веществ (исследования Гладких О.Л., Кравченко Л.В., Лукьянова В.А., Соловченко А.Е., Тутельяна В.А., Belay A., Guschina I.A., Harwood J.L. и других ученых), целесообразно их использование для повышения энергетической и биологической ценности хлебобулочных изделий, а также улучшения  
<http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

комплекса органолептических и физико-химических показателей [5-7].

В качестве ценного промышленного сырья можно выделить одноклеточные зеленые водоросли рода *Clorella*, подразделяющиеся на следующие виды: *C. vulgaris* Beyerink, *C. infusionum* Beyerink, *C. parasitica* Brandt, *C. constrictrix* Brandt, *C. actinosphaerii* Averinzew [8]. Среди них наиболее распространенным является вид автотрофной протококковой водоросли *C. vulgaris*. Целесообразность ее использования в технологии хлебобулочных изделий может быть обоснована следующими факторами:

- микроводоросль рода *Clorella vulgaris* обладает высокой интенсивностью роста: в течение 96 ч ее биомасса способна увеличиваться в 20 раз. Необходимо отметить, что культивирование хлореллы в условиях хлебопекарного предприятия не требует наличия сложного оборудования. Таким образом, может быть налажено круглогодичное интенсивное производство биомассы для хлебопекарного предприятия. Наряду с этим химический состав биомассы хлореллы возможно варьировать в сторону тех или иных компонентов посредством изменения параметров культивирования, в зависимости от потребностей производства [3];

- хлорелла представляет собой натуральный комплекс нутриентов. Сухая биомасса микроводоросли содержит от 45 до 62 % протеина; 30...35 % углеводов; 5...10 % жира; до 3 % минеральных солей. В состав белка входят более 40 аминокислот, в том числе 8 незаменимых, а также гистидин и не синтезируемый детским организмом аргинин. Из группы ненасыщенных жирных кислот в *Clorella vulgaris* обнаружены линолевая, линоленовая, пальмитиновая, гексадекадиеновая и гексадекатриеновая кислоты. Содержание нуклеиновых кислот составляет от 4 до 7 %. Минеральный состав хлореллы представлен макроэлементами, такими как К, Са, Na, Р, и микроэлементами – Fe, I, Со, Cu, Mg, Mo, Zn. *Clorella vulgaris* синтезирует витамины группы В (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, цианокобаламин; никотиновая, пантотеновая, фолиевая кислоты; биотин), аскорбиновую кислоту, токоферол, каротин, филлохинон. Содержится в ней и зеленый пигмент хлорофилл [3, 8].

<http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

Необходимо подчеркнуть: все питательные компоненты, входящие в состав хлореллы, находятся в почти идеальных соотношениях, что придает ей уникальность. Следовательно, благодаря богатому натуральному комплексу биологически активных веществ микроводоросль может быть внедрена в рецептуры хлебобулочных изделий для повышения их пищевой ценности и придания лечебно-профилактической направленности [4, 5];

- хлорелла проявляет антагонистическую активность по отношению к бактериям, вирусам и внутриклеточным паразитам. Это позволяет обеспечить бактериальную чистоту культуры и, вероятно, будет способствовать профилактике развития патогенной микрофлоры в хлебобулочных изделиях [9, 10];

- *Clorella vulgaris* обладает высокой биологической активностью, проявляющейся в улучшении белкового, минерального и витаминного обмена в организме человека. Установлено, что хлорелла повышает резистентность организма к ряду заболеваний, улучшает пищеварение, способствует выведению токсинов и тяжелых металлов, положительно влияет на функции органов человека. Ее введение в рацион питания обеспечивает активацию кроветворения и нормализацию большинства биохимических показателей крови за счет наличия в составе микроводоросли хлорофилла (12...15 %) [9].

Для обоснования технологических решений производства хлебобулочных изделий с внесением *Clorella vulgaris* необходимы данные по ее влиянию на показатели качества готового продукта. Поэтому на первом этапе были проведены лабораторные выпечки модельных образцов сдобных булочек из пшеничной муки с внесением хлореллы (рис. 1). После охлаждения (16...18 ч) у готовых изделий отправляли на исследование. Булочки продемонстрировали правильную округлую не расплывчатую форму, поверхность изделий не имела трещин и подрывов, однако булочки с внесением *Clorella vulgaris* отличались более темным цветом корки с наличием желтовато-зеленоватого оттенка, оригинальным зеленоватым цветом мякиша, хорошо развитой тонкостенной пористостью и специфическим приятным ароматом с легким травянистым

<http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

привкусом. Установлено, что контрольный образец булочки имел следующие физико-химические показатели: пористость - 76 %, формоустойчивость – 0,43, титруемая кислотность – 1,8 град. У модельных образцов с внесением *Clorella vulgaris* наблюдалось улучшение структуры мякиша: пористость изделий – 78,1 % (содержание хлореллы 2 %) и 80,8 % (содержание хлореллы 4 %); формоустойчивость – 0,44 (содержание хлореллы 2 %) и 0,46 (содержание хлореллы 2 %). По сравнению с контролем титруемая кислотность выросла на 14 % у образца с внесением 4 % хлореллы.

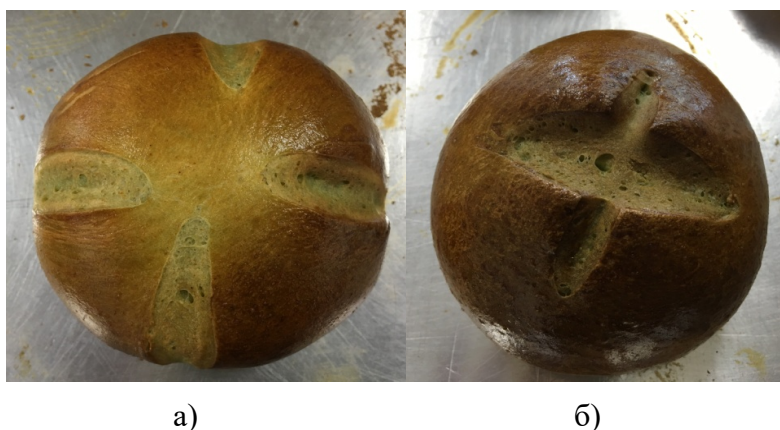


Рисунок 1 – Булочные изделия: а) с внесением 2 % *Clorella vulgaris*; б) с внесением 4 % *Clorella vulgaris*

Обеспечение безопасности и снижение потерь хлебобулочных изделий, вызванных поражением плесневыми грибами и спорообразующими бактериями подвида *Bacillus subtilis*, обосновано в государственных документах по планированию национальной безопасности и программах мероприятий по созданию условий для обеспечения здорового питания населения [2, 11].

С целью изучения антибактериальных свойств *Chlorella vulgaris* использовали суспензию хлореллы, отобранную с конца экспоненциальной фазы роста, с численностью клеток 20 млн. кл./мл. Исследование проводили с использованием метода дисков на чашках Петри: диски фильтровальной бумаги, пропитанные суспензией хлореллы, пинцетом укладывали на поверхность агаровой пластинки, засеянной спорами плесени. В результате проведенных исследований установлено наличие зон задержки роста плесени, что свидетельствует о наличии антибактериального эффекта. Однако размер <http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

зон угнетения в диаметре не превышал 13 мм.

Для подтверждения возможности использования *Chlorella vulgaris* с целью профилактики развития патогенной микрофлоры в хлебобулочных изделиях были проведены пробные лабораторные выпечки. Готовые хлебобулочные изделия с внесением 2 % порошка хлореллы хранили при температуре 20...22 °С и влажности 55 %, а также в провокационных условиях: температура 37...38 °С и влажность 85 %. При этом визуально контролировали появление признаков заражения изделий картофельной болезнью или плесневение. В качестве контрольного образца использовалась проба без внесения *Chlorella vulgaris*. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительном влиянии хлореллы на микробиологическую устойчивость хлебобулочных изделий при хранении (табл. 1).

Таблица 1 – Микробиологическая устойчивость булочки сдобной при хранении

Условия хранения	Образцы булочки сдобной	Время, ч			
		24	48	72	96
t=20...22 °С W=55 %	контроль	-	-	-	среднее плесневение
	с внесением 2 % <i>Chlorella vulgaris</i>	-	-	-	-
t=37...38 °С W=85 %	контроль	-	-	среднее плесневение	сильное плесневение со слабым поражением картофельной болезнью
	с внесением 2 % <i>Chlorella vulgaris</i>	-	-	-	среднее плесневение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективности использования микроводорослей в технологии производства хлебобулочных изделий. Внесение *Chlorella vulgaris* в рецептуру булочек сдобных из пшеничной муки способствует повышению пористости и микробиологической безопасности изделий в процессе хранения, а также обеспечивает получение оригинального внешнего вида.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжение <http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. № 559-р, с изменениями от 13 января 2017 г.) [Электронный ресурс] // Режим доступа: Правительство России. Официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/all/81921/>

2. Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года (утв. распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р) [Электронный ресурс] // Режим доступа: Правительство России. Официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/all/74477/>

3. Дворецкий Д.С. Технология получения липидов из микроводорослей: монография / Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, М.С. Темнов, Е.В. Пешкова, Е.И. Акулинин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 99 с.

4. Апаршева, В.В. Совершенствование технологии производства пшеничного хлеба с использованием растительного сырья / В.В. Апаршева, Д.С. Дворецкий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). - С. 375-380.

5. Шабунина Е.А. Научное обоснование режимов массообмена при автотрофном биосинтезе дуналиеллы и ее применение в технологии мучных кондитерских изделий: дисс. канд. техн. наук: 05.18.12, 05.18.01. - Воронеж, 2018. – 230 с.

6. Сеськин М.С. Разработка технологии ферментированных продуктов из мяса птицы, обогащенных биологически активными веществами микроводорослей *Chlorella sorokiniana*: дисс. канд. техн. наук: 05.18.07. - СПб, 2018. – 127 с.

7. Graca, C., Fradinho, P., Sousa, I., Raymundo, A., Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture, *LWT - Food Science and Technology*. – 2017. - P. 1-25.

8. Андреева В.М. Род *Chlorella*. Морфология, систематика, принципы классификации / В.М. Андреева – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1975. – 110 с.

9. Плеханов С.Е. Подавление роста бактерий экзометаболитами культуры <http://ntk.kubstu.ru/file/2854>

водоросли *Chlorella* / С.Е. Плеханов, Л.Б. Братковская, А.П. Садчиков // Всероссийский журнал научных публикаций. – 2013. - № 5(15). - С. 12 -15.

10. Апаршева В.В. Оценка влияния порошка из плодов шиповника и рябины на сохраняемость хлебобулочных изделий / В.В. Апаршева, Д.С. Дворецкий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. - № 4(35). - С.420-424.

11. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года (утв. указ Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537) [Электронный ресурс] // Режим доступа: Правительство России. Официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/all/68211/>

#### REFERENCES

1. Strategiya razvitiya pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda (utv. rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 17 aprelya 2012 g. № 559-r, s izmeneniyami ot 13 yanvarya 2017 g.) [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: Pravitelstvo Rossii. Ofitsialnyy sayt. URL: <http://government.ru/docs/all/81921/>

2. Osnovy gosudarstvennoy politiki RF v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda (utv. rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 25 oktyabrya 2010 g. № 1873-r) [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: Pravitelstvo Rossii. Ofitsialnyy sayt. URL: <http://government.ru/docs/all/74477/>

3. Dvoretzkiy D.S. Tekhnologiya polucheniya lipidov iz mikrovdorosley: monografiya / D.S. Dvoretzkiy, S.I. Dvoretzkiy, M.S. Temnov, E.V. Peshkova, E.I. Akulinin. – Tambov: Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2015. – 99 s.

4. Aparsheva, V.V. Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva pshenichnogo khleba s ispolzovaniem rastitelnogo syrya / V.V. Aparsheva, D.S. Dvoretzkiy // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2011. – № 2(33). - S. 375-380.

5. SHabunina E.A. Nauchnoe obosnovanie rezhimov massoobmena pri avtotrofnom biosinteze dunalielly i ee primenenie v tekhnologii muchnykh

konditerskikh izdeliy: diss. kand. tekhn. nauk: 05.18.12, 05.18.01. - Voronezh, 2018. – 230 s.

6. Seskin M.S. Razrabotka tekhnologii fermentirovannykh produktov iz myasa ptitsy, obogashchennykh biologicheski aktivnymi veshchestvami mikrovodorosley *Chlorella sorokiniana*: diss. kand. tekhn. nauk: 05.18.07. - SPb, 2018. – 127 s.

7. Graca, C., Fradinho, P., Sousa, I., Raymundo, A., Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture, *LWT - Food Science and Technology*. – 2017. - P. 1-25.

8. Andreeva V.M. Rod *Chlorella*. Morfologiya, sistematika, printsipy klassifikatsii / V.M. Andreeva – L.: Izd-vo «Nauka», Leningr. otd., 1975. – 110 s.

9. Plekhanov S.E. Podavlenie rosta bakteriy ekzometabolitami kultury vodorosli *Chlorella* / S.E. Plekhanov, L.B. Bratkovskaya, A.P. Sadchikov // *Vserossiyskiy zhurnal nauchnykh publikatsiy*. – 2013. - № 5(15). - S. 12 -15.

10. Aparsheva V.V. Otsenka vliyaniya poroshka iz plodov shipovnika i ryabiny na sokhranyaemost khlebobulochnykh izdeliy / V.V. Aparsheva, D.S. Dvoretzkiy // *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*. – 2011. - № 4(35). - S.420-424.

11. Strategiya natsionalnoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii do 2020 goda (utv. ukaz Prezidenta RF ot 12 maya 2009 g. № 537) [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: Pravitelstvo Rossii. Ofitsialnyy sayt. URL: <http://government.ru/docs/all/68211/>



*THE USE OF MICROALGAE CLORELLA VULGARIS IN TECHNOLOGY  
OF BAKERY PRODUCTS*

**D.S. DVORETSKY, V.V. APARSHEVA**

*Tambov State Technical University,  
106, Sovetskaya st., Tambov, Russian Federation, 392000,  
e-mail: veraaparsheva@mail.ru*

The prospects of using *Clorella vulgaris* in the technology of bakery products are analyzed. The influence of microalgae on organoleptic and physico-chemical quality indicators of finished bakery products is studied. The antibacterial effect of components of *Chlorella* suspension in relation to mold spores is established. Experimental studies of the effect of *Clorella vulgaris* on the microbiological stability of bread during storage are conducted.

**Keywords:** bakery products, biologically active substances, microalgae, *Clorella vulgaris*