

particle size and has 70.0% particles in fraction obtained by passage sieve #58 (122 microns), almost as well as in wheat flour (80.2%).

Trends of wheat flour fortification by the different kind of cereals flour are defined. It was proposed for enriching wheat flour in lysine content using oat, buckwheat, chickpeas flour and wheat bran; methionine content – oat and chickpeas flour; albumins and globulins content – buckwheat, chickpeas flour and wheat bran; vitamins and minerals content – chickpeas flour and wheat bran; biotin content – rice and maize flour; β -glucans content – barley flour; tocopherols content – buckwheat, maize flour and wheat bran; in low molecular weight carbohydrates content – sorghum flour.

Keywords: flour, flour blends, cereals, quality indexes, technological properties, fortification.

REFERENCES

1. Kaprelyants, L.V. Functional Products [Text] / L.V. Kaprelyants, K.G. Iorgachova. –Odesa: Druck, 2003. –312p.
2. Pashchenko, L.P. The Use of Triticale in Baking [Text] / L.P. Pashchenko, S.V. Goncharov, A.V. Lyubarev, [et al.] // Proceedings of the Universities. Food technology. – 2001. – № 2-3. – S. 26-29.
3. Usembaeva, J.K. The Use of Maize Flour in the Production of Wheat Bread [Text] / J.K. Usembaeva, D.R. Dautkanova, S.D. Musayev, [et al.] // Storage and Processing of Grain. – 2004. – № 11. – S. 37-38.
4. Naviskis, L.L. Corn Flour Addition to Wheat Doughs – Effect on Rheological Properties [Text] / L.L. Naviskis // Cereal Chemistry. – 1987. – Vol. 64, № 4. – P. 307-310.
5. Ribalka, O.I. The Biologically Valuable Food Products from Barley and Wheat [Text] / O.I. Ribalka // The Quality of the Wheat and its Improvement. – K. : Logos, 2011. – S. 128-145.
6. Medvedeva, O. Oat β -glucan Bread [Text] / O. Medvedeva // Confectionery and Bakery. – 2007. – № 9. – S. 18.
7. Iorgacheva, E.G. Effect of Buckwheat Flour on the Structural and Mechanical Properties of the Pastry Dough [Text] / E.G. Iorgacheva, A.V. Korkach, O.V. Makarova // Grain products and Mixed Fodder's. – 2003. – № 3. – S. 20-22.
8. Broslavtseva, I.V. The Company Guarantees the Safety and Quality of Products [Text] / I.V. Broslavtseva // Storage and Processing of Grain. – 2008. – № 12. – S. 44-46.
9. Lopez, A. Flour Mixture of Rice Flour, Corn and Cassava Starch in the Production of Gluten-Free White Bread [Text] / A. Lopez, A. Pereira, R. Junqueira // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2004. – vol.47, № 1. – P. 63-70.
10. Dremlyuk G. Using the New Cereal Sorize [Text] / G. Dremlyuk // Bakery. – 2000. – № 12. – S. 4-5.
11. Kaprelyants, L.V. Using Biomodification Chickpea Flour in Bread Production to Enhance its Nutritional and Biological Value [Text] / L.V. Kaprelyants, J.D. Gusak-Shklovskaya, T.E. Lebedenko // Storage and Processing of Grain. – 2009. – № 12. – S. 42-44.
12. Lai, C.S. Effects of Wheat Bran in Breadmaking [Text] / C.S. Lai, R.C. Hosenev, A.B. Davis // Cereal Chemistry. – 1989. – vol.66, № 3. – P. 217,219.
13. Iorgacheva, E.G. Influence of Composite Flour Mixtures on Quality of Semi-finished Biscuit / E.G. Iorgacheva, O.V. Makarova, E.N. Kotuzaki, N.N. Kozhukhar // Journal of “Research Works“ Published by Odessa National Academy of Food Technologies. – 2009. – № 36. – Vol.1. – S. 216-221.
14. Kozmina, N.P. Grain [Text] / N.P. Kozmina. – М. : Kolos, 1969. – 368 с.

Надійшла 22.07.2015

Адреса для переписки:

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039



УДК [664-023.871:631.576.4:577.152.3]:[579.864+579.873.1]:579.24

Л.В. КАПРЕЛЬЯНЦ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой биохимии, микробиологии и физиологии питания,
Е.Д. ЖУРЛОВА, ассистент



Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА ОТРУБЕЙ – СТИМУЛЯТОР РОСТА ПРОБИОТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Одним из основных направлений современной нутрициологии является биотехнологическая переработка некондиционного сырья в природные пребиотики, предназначенные для нормализации работы желудочно-кишечного тракта человека и поддержания его иммунитета.

В статье представлено исследование пребиотических свойств концентрата пищевых волокон *in vitro*, полученного в ходе комплексной переработки пшеничных и ржаных отрубей в функциональные ингредиенты. Отруби подвергали поэтапному ферментированию амилазами, протеазами и мультиферментным препаратом *Viscozyme L*, обладающим комплексом полисахаридазных активностей. Ферментированный остаток отрубей отделяли центрифугированием (6000 об/мин) и высушивали до содержания влаги 10 %.

Полученные концентраты пищевых волокон содержат основного компонента 79,1 % пшеничные и 79,9 % ржаные. Преобладающим моносахаридом в обоих концентратах является глюкоза 64,9 и 69,0 %, соответственно. В ходе исследования стимуляции роста пробиотических культур концентратами пищевых волокон определяли влияние массовой доли



пищевых волокон в системе накопления биомассы микроорганизмов. В качестве пробиотических микроорганизмов были выбраны культуры *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*. Концентраты пищевых волокон вносили в питательную среду в количестве 0,01; 0,03; 0,05 г. Процесс культивирования контролировали по показателю активной и титруемой кислотности. Высокий пробиотический эффект исследуемых концентратов определили подсчетом количества клеток *L. acidophilus* и *B. bifidum*, выросших на средах с добавлением различной массовой доли пищевых волокон. Определили, что при содержании концентрата в средах 0,05 г рост пробиотической микробиоты составил $3,6 \cdot 10^9$ КОЕ/см³ *L. acidophilus* и $4,7 \cdot 10^9$ КОЕ/см³ *B. bifidum*.

Исходя из полученных данных концентраты пищевых волокон из пшеничных и ржаных отрубей можно рекомендовать, как профилактические-лечебные препараты для коррекции микрофлоры кишечника, после дополнительных медико-биологических исследований.

Ключевые слова: Пищевые волокна, ферменты, пробиотические культуры, ржаные и пшеничные отруби, культивирование.

В Украине, среди перерабатываемых зерновых культур, наиболее распространены пшеница и рожь. В среднем в Украине перерабатывается 2,3 – 2,5 млн тонн в год пшеницы и 0,5 – 0,6 млн тонн в год ржи. Основным побочным продуктом мукомольного производства являются отруби, выработка которых составляет: 0,5 – 0,6 и 0,11 – 0,13 млн тонн, соответственно [1]. Они являются богатым источником физиологически функциональных ингредиентов, при биотрансформации которых возможно получить биологически активные вещества разной химической природы с широким спектром физиологических эффектов.

Авторами была разработана комплексная технология переработки зернового сырья в функциональные ингредиенты, основным продуктом которой был препарат ксилоолигосахаридов [2]. Остаток, полученный в результате обработки пшеничных и ржаных отрубей ферментными препаратами α -амилазой, глюкоамилазой, протеазой и мультиферментным препаратом Viscozyme L представляет собой неферментируемый матрикс клеточных стенок отрубей (концентрат пищевых волокон (ПВ)) и может быть использован как самостоятельный функциональный ингредиент или в составе пищевых продуктов. После ферментирования отрубей концентрат пищевых волокон отделяли центрифугированием (6000 об/мин, 10 мин), промывали водой и высушивали до содержания влаги 10 %.

Используемые ферментные препараты α -амилаза, глюкоамилаза и протеаза на первом этапе гидролиза катализируют реакции приводящие к деструкции крахмальных зёрен и белка эндосперма. Наличие в реакционной среде буферного раствора способствует набуханию пустотелых омертвевших клеток плодовой и семенной оболочек. В процессе второго этапа гидролиза целлюлазой, гемицеллюлазами (препарат Viscozyme L) происходит изменение нативной структуры и деструкция фибрилл гемицеллюлоз и целлюлозы. Разрушение микрофибрилл целлюлозы и гемицеллюлоз в матриксе клеточных стенок отрубей делает более доступными биополимеры дальнейшему воздействию ферментов.

Согласно современным теориям питания, пищевые волокна наряду с характерными их свойствами ещё и обладают высоким пробиотическим потенциалом и избирательным стимулирующим действием на рост нормальной микрофлоры кишечника макро-

организма, тем самым повышая его иммунную функцию, и снижая риск развития заболеваний желудочно-кишечного тракта, появления язв, аллергии [3–5].

Целью данной работы является исследование *in vitro* пробиотической активности концентратов пищевых волокон, полученных из пшеничных и ржаных отрубей.

Химический состав концентратов пищевых волокон приведен в табл. 1. Концентраты пищевых волокон пшеничных отрубей характеризуется содержанием крахмала – 4,1 %, что на 34,1 % больше, чем в ржаных. Крахмал в составе концентрата ПВ можно отнести к категории резистентного (устойчивого) крахмала, так как он не расщепляется α -амилазой и глюкоамилазой. Согласно современным представлениям устойчивый крахмал относится к категории пищевых волокон.

Данные табл. 1 показывают – преобладающим моносахаридом пищевых волокон отрубей является глюкоза, её массовая доля в концентрате ПВ пшеничных отрубей составила 64,9 %, а ржаных – 69 %, ксилозы – 19,8 и 17,5 %, соответственно. Меньше всего было обнаружено арабинозы – её содержание в концентрате ПВ пшеничных отрубей 3,5 %, в ржаных – 3,3 % соответственно. Эти моносахариды входят в состав труднорастворимых гемицеллюлоз отрубей.

Массовая доля ПВ в концентрате ПВ пшеничных отрубей составляет 79,1 %, что на 1 % меньше, чем в концентрате ржаных. Содержание белка и золы ниже и составляет 3,6 и 3,2 %; 3,9 и 3,5 %, соответственно.

Для исследования пробиотического эффекта

Таблица 1
Химический состав концентратов пищевых волокон из пшеничных и ржаных отрубей (на сырую массу, %)
($n = 3, P \geq 0,95$)

Показатели, %	Концентрат ПВ из пшеничных отрубей	Концентрат ПВ из ржаных отрубей
Влажность, %	10,0	10,0
Зола	3,2	3,5
Белок	3,6	3,9
Крахмал	4,1	2,7
Пищевые волокна в том числе	79,1	79,9
Лигнин	23,2	21,2
Моносахариды:		
Глюкоза	64,9	69,0
Ксилоза	19,8	17,5
Арабиноза	3,5	3,3

полученных концентратов ПВ в качестве пробиотических культур использовали и культуру *Lactobacillus acidophilus*-Ep-317/402 и препарат *Bifidobacterium bifidum* «Бифидумбактерин-Биофарма».

Препарат лактобактерий сухой предварительно растворяли в питательной среде MRS и культивировали при температуре 37 °С в течение 24 ч. Затем закваску вносили для культивирования в обезжиренное коровье молоко в асептических условиях и исследуемые пребиотики в количестве 0,01, 0,03 и 0,05 г в пределах суточной потребности человека в пищевых волокнах (25 г/сут) [6]. Подсчет количества клеток лактобактерий осуществляли по методу, изложенному в ГОСТ 10444.11-89 «Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов» [7].

Препарат «Бифидумбактерин-Биофарма» предварительно растворяли в тиогликолевой питательной среде и культивировали при температуре 37 °С в течение 24 ч. Затем его вносили в подготовленные для культивирования питательные среды. Исследуемые пребиотики в количестве 0,01, 0,03 и 0,05 г в пределах суточной потребности человека в пищевых волокнах (25 г/сут). Подсчет клеток бифидобактерий проводили методом, основанном на их способности к росту в полужидких питательных средах, разлитых высокими столбиками в пробирках, при температуре 36...38 °С с образованием колоний в виде «гвоздиков» в течение 2...3 суток.

Ферментацию проводили в течении 8 часов, контролируя показатели активной и титруемой кислотности каждые 2 ч [8].

Статистический анализ данных проводили методом наименьших квадратов. При количестве повторностей опытов $n=3$ и допустимой величине относительной ошибки не превышающей 5 % ($P \geq 0,95$) результаты считали достоверными [9].

Результаты исследований были обработаны с помощью программы пакета

го процессора Microsoft Excel.

Результаты предварительных исследований показали практически одинаковую динамику роста и накопления клеток пробиотических культур с использованием концентратов ПВ пшеничных и ржаных отрубей. Поэтому в дальнейшем тексте нами не приведены результаты по их классификации на пшеничные и ржаные. Биохимическую активность лакто- и бифидобактерий определяли по нарастанию активной и титру-

емой кислотности при сквашивании молока. На рис. 1 и 2 приведена динамика изменения активной кислотности в процессе накопления пробиотических микроорганизмов.

В процессе культивирования *L. acidophilus* и *B. bifidum* происходит изменение значения pH среды. В течение культивирования наблюдалось увеличение скорости кислотообразования и снижение показателя pH среды по сравнению с начальным их значением и соответственно увеличением образования густка, что подтверждает пребиотические свойства концентратов ПВ. Однако на процесс сквашивания так же влияет и массовая доля вносимых концентратов. Согласно данным приведенным на рис. 1 и 2 активная кислотность молока в образце с массовой долей концентратов ПВ 0,05 г в среде с *L. acidophilus* снижается до 4,4, а в среде с *B. bifidum* до 4,9.

Параллельно с активной кислотностью контроль сквашивания вели по титруемой кислотности.

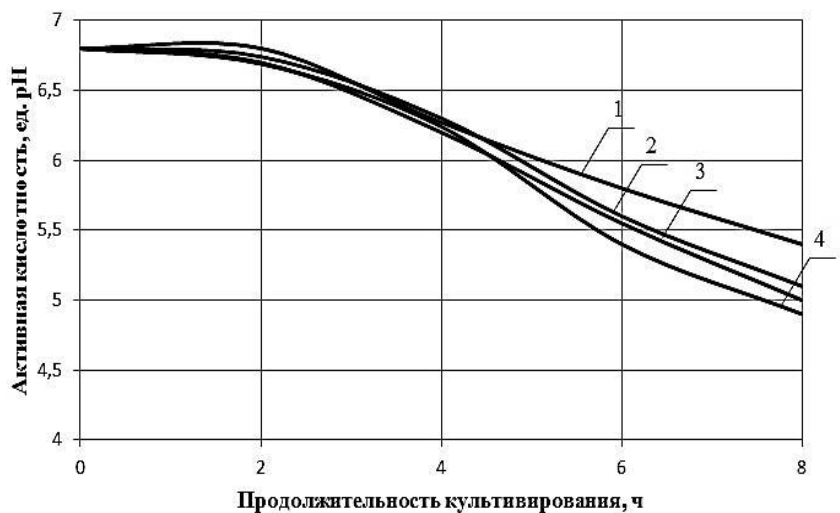


Рис. 1. Изменение активной кислотности в процессе накопления культуры *L. acidophilus*:
1 – контроль; 2 – массовая доля концентрата ПВ – 0,01 г;
3 – массовая доля концентрата ПВ – 0,03 г;
4 – массовая доля концентрата ПВ – 0,05 г.

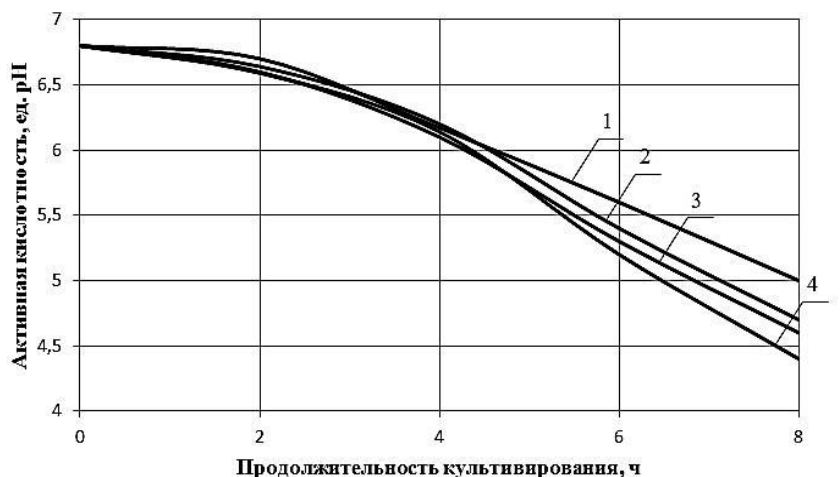


Рис. 2. Изменение активной кислотности в процессе накопления культуры *B. bifidum*:
1 – контроль; 2 – массовая доля концентрата ПВ – 0,01 г;
3 – массовая доля концентрата ПВ – 0,03 г;
4 – массовая доля концентрата ПВ – 0,05 г.

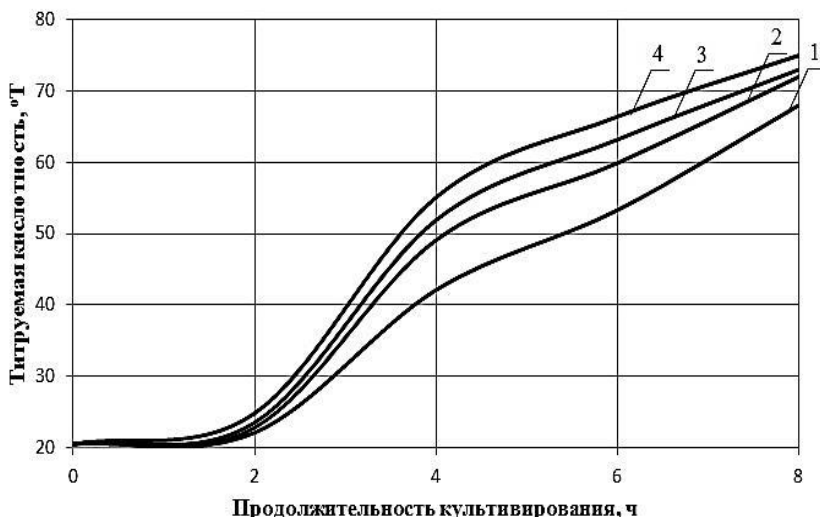


Рис. 3. Изменение титруемой кислотности образования сгустка при ферментации *L. acidophilus*:

- 1 – контроль; 2 – массовая доля концентрата ПВ – 0,01 г;
- 3 – массовая доля концентрата ПВ 0,03 г;
- 4 – массовая доля концентрата ПВ – 0,05 г.

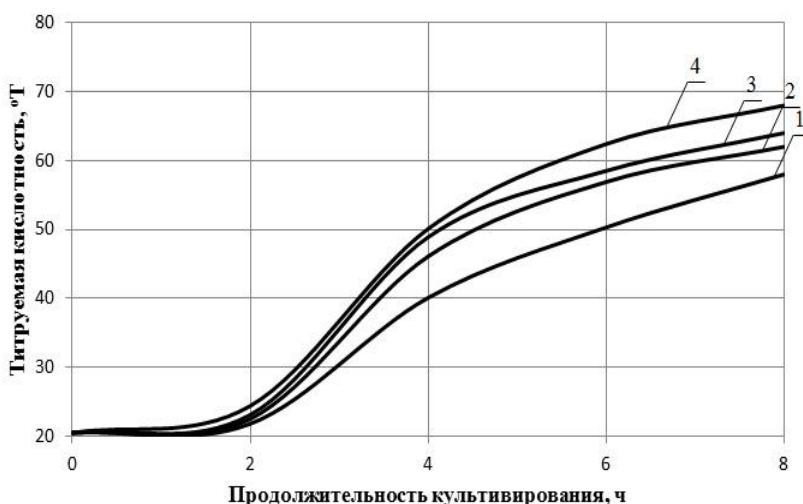


Рис. 4. Изменение титруемой кислотности образования сгустка при ферментации *B. bifidum*:

- 1 – контроль; 2 – массовая доля концентрата ПВ – 0,01 г;
- 3 – массовая доля концентрата ПВ – 0,03 г;
- 4 – массовая доля концентрата ПВ – 0,05 г.

Изменение титруемой кислотности в процессе культивирования *L. acidophilus* и *B. bifidum* приведено на рис. 3 и 4. Данные графиков показывают, что показатель титруемой кислотности в образцах с содержанием массовой доли концентратов ПВ 0,05 г в средах с *L. acidophilus* и *B. bifidum* растет до 75 и 68 °T, соответственно. Это свидетельствует о сравнительно высокой скорости ферментации углеводов пробиотической микробиотой.

Пребиотический эффект концентратов ПВ установили путем подсчета количества пробиотических микроорганизмов в полужидких питательных средах на третьи сутки культивирования (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что прирост биомассы лакто- и бифидобактерий осуществляется за счёт добавления концентратов ПВ и превышает контроль в 7,6; 20; 32,7 раза для *L. acidophilus* и в 7,6; 31,7; 39,2 раза для *B. bifidum*, соответственно. Так же прослеживается влияние массовой доли пищевых волокон в питательной среде на стимуляцию роста пробиотической микробиоты. Максимальный рост пробиотических культур наблюдается при добавлении в питательную среду 0,05 г концентратов ПВ и составляет $3,6 \cdot 10^9$ и $4,7 \cdot 10^9$ КОЕ/см³ *L. acidophilus* и *B. bifidum*, соответственно.

Применение концентратов пищевых волокон пшеничных и ржаных отрубей в качестве пребиотика оказывает высокое стимулирующее действие на рост пробиотических культур *L. acidophilus* и *B. bifidum* в сравнении с контролем. Графики активной и титруемой кислотности свидетельствуют о сокращении времени сквашивания молока в присутствии пребиотического компонента. Учет клеток *L. acidophilus* и *B. bifidum*, выросших на среде с добавлением различной массовой доли концентратов ПВ показал высокий результат и при оптимальном их количестве (0,05 г) составил $3,6 \cdot 10^9$ и $4,7 \cdot 10^9$ КОЕ/см³, соответственно. Исходя из полученных данных, концентраты ПВ из пшеничных и ржаных отрубей, после дополнительных медико-биологических исследований, могут быть использованы как самостоятельные функциональные ингредиенты пребиотического назначения.

Таблица 2
Накопление биомассы *L. acidophilus* и *B. bifidum* при культивировании на различных средах

(n = 3, P ≤ 0,95)

Источник углеводов	Численность микроорганизмов, lg КОЕ/см ³	
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
Молоко	$1,1 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$
Молоко + концентрат ПВ (0,01 г)	$8,4 \cdot 10^8$	$9,1 \cdot 10^8$
Молоко + концентрат ПВ (0,03 г)	$2,2 \cdot 10^9$	$3,8 \cdot 10^9$
Молко + концентрат ПВ (0,05 г)	$3,6 \cdot 10^9$	$4,7 \cdot 10^9$

ЛІТЕРАТУРА

1. Иунихина, В. Кружные продукты – источник пищевых волокон [Текст] / Иунихина В. // Хлебпродукты. – 2009 – №5, 44-46.
2. Капрельянц, Л.В. Пробиотики: химия, технология, применение [Текст] / Капрельянц Л.В. – Киев: ЭнтерПринт, 2015.
3. Бобренева, И.В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания [Текст] / И.В. Бобренева // Санкт-Петербург, 2012. – 465.
4. Капрельянц, Л.В. Функциональні продукти [Текст] / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іорґачова // Одеса, 2003. – 312.
5. Моргун, В.А. Основные тенденции в создании функциональных продуктов питания на основе зерновых культур [Текст] / В.А. Моргун, Н.З. Москвина // Хранение и переработка зерна 2009, № 7, 58 – 60.
6. Килименчук, О.О. Масло амаранту – стимулятор роста лактобацилл [Текст] / О.О. Килименчук, Г.І. Євдокимова, О.Д. Журлова // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 46, Т. 2. – 2014. – С. 152–155.
7. ГОСТ 10444.11–89. Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://helpnik.college.ks.ua/standart/gost/Catalog/Index/11/11148.htm>.
8. МВК 10.10.2.2.-119-2005 Визначення кількості біфідобактерій у кисломолочних продуктах. Методичні вказівки [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://text.normativ.ua/doc12926.php>.
9. Грачёв, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов [Текст] / Ю.П. Грачёв.– М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 200 с.

L.V. KAPRELYANTS, Doctor of science Professor Director of the Department of biochemistry, microbiology and physiology of nutrition, E.D. ZHURLOVA, Assistant of professor
Odessa National Academy of Food Technology, Odessa

FERMENTED DIETARY FIBER OF BRAN – STIMULATOR OF GROWTH PROBIOTIC CULTURES

One of the main areas in modern science of nutrition is biotechnological processing of substandard raw materials into natural prebiotics, which are used for the normalization of the man gastrointestinal tract function and maintenance of his immunity.

The article presents a study of the prebiotic properties of dietary fiber concentrates in vitro, which were produced by the complex processing of wheat and rye bran into functional ingredients. Bran was fermented in two steps with amylase, protease and multienzyme Viscozyme L, that has a complex polysaccharidase activities. Fermented bran residue was separated by centrifugation (6000 rpm) and dried to a moisture content of 10 %.

*The main component of these concentrates is dietary fiber. Their content is 79.1 % for wheat and 79.9 % for rye bran. The dominant monosaccharide of both concentrates is glucose (64.9 and 69.0%, respectively). In this study, we investigated the ability of the dietary fiber concentrates to stimulate the probiotic cultures growth and dependence between mass fraction of dietary fiber and amount of microorganisms biomass. As a probiotic microorganisms were selected culture *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. Concentrates of dietary fiber were added to the culture medium in an amount: 0.01; 0.03; 0.05 g, the process of cultivation was monitored by active and titratable acidity. Prebiotic effect of the investigated concentrates were estimated by counting the number of *L. acidophilus* and *B. bifidum* cells, that were grown in cultural media with adding the different mass fraction of fiber. While concentrates content of 0.05 g in the cultural media, the amount of *L. acidophilus* is $3,6 \cdot 10^9$ CFU/cm³, the level of *B. bifidum* is $4,7 \cdot 10^9$ CFU/cm³.*

Based on the data dietary fiber concentrates of wheat and rye bran can be recommended as a preventive and therapeutic supplements for correction of intestinal microflora, after further biomedical research.

Keywords: Dietary fiber, enzymes, probiotic cultures, rye and wheat bran, cultivation.

REFERENCES

1. Iunihina, V. Cereal products - a source of dietary fiber [Text] / Iunihina, V. // Bakery products. – 2009 – №5, 44-46.
2. Kaprelyants L.V. Prebiotics: chemistry, technology, application [Text] / Kaprelyants L.V. – Kiev: EnterPrint, 2015.
3. Bobreneva, I.V. Approaches to the development of functional food products [Text] / I.V. Bobreneva // St. Petersburg, 2012. – 465.
4. Kaprelyants L.V. Functional products [Text] / L.V. Kaprelyants, K.G. Iorgachova // Odessa, 2003. – 312.
5. Morgun, V.A. Major trends in creating functional foods based on cereals [Text] / V.A. Morgun, N.Z. Moskvina // Grain storage and processing 2009, № 7, 58 – 60.
6. Kilimenchuk, E.A. Amaranth oil - stimulator of growth of lactobacilli [Text] / E.A. Kilimenchuk, G.I. Evdokimova, E.D. Zhurlova // Scientific works ONAFT. – Vol. 46, T. 2. – 2014. – P. 152–155.
7. GOST 10444.11–89. Food products. Methods for determination of lactic acid microorganisms [Электронный ресурс] / Available at: <http://helpnik.college.ks.ua/standart/gost/Catalog/Index/11/11148.htm>.
8. MIR 10.10.2.2.-119-2005 Determination of the number of bifidobacteria in dairy products. Methodological instructive regulations / Available at: <http://text.normativ.ua/doc12926.php>.
9. Grachov U.P. (1979). Matematicheskie metodi planirovaniya eksperimentov [Mathematical methods of planning experiments]. M.: Food Industry, 200.

Надійшла 22.07.2015

Адреса для переписки:

Контактный тел.: (048) 712-41-12

E-mail: lyasya89@mail.ru

Контактный тел.: (048) 712-42-85

E-mail: leonid@onaft.edu.ua

