

УДК 664.01:637.146

UDC 664.01:637.146

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ АКТИВИРОВАНИЕМ ЗАКВАСКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ**INTENSIFICATION OF PRODUCTION YOGURT TECHNOLOGY WITH ACTIVATION OF THE LEAVEN WITH THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF LOW FREQUENCY**

Карикурубу Жан-Феликс
аспирант
e-mail: jeanjean2013@mail.ru

Karikurubu Jean-Felix
postgraduate student
e-mail: jeanjean2013@mail.ru

Касьянов Геннадий Иванович
д.т.н., профессор
e-mail: g_kasjanov@mail.ru
Spin-код 1518-7974
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия

Kasyanov Gennady Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
e-mail: g_kasjanov@mail.ru
Spin-code 1518-7974
FSBEI HPE Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

В России, а также в зарубежной практике большим спросом пользуются классический йогурт. В зависимости от стоимости импортируемых сухих заквасок, предлагаемая технология, позволяющая снизить их количество в технологии йогурта, очень актуальна. Она повлияет на себестоимости готовой продукции. В технологии йогуртов очень мало отражается возможности использования физических приемов, с целью интенсификации процесса получения йогуртов. Предварительная активация закваски электромагнитным полем крайне низкой частоты перед сквашиванием в производстве йогуртов один из технологических приемов, позволяющих ускорить процесс сквашивания и уменьшить количество заквасок. Преимуществом предлагаемой технологии является его простота в реализации, отсутствие дополнительных энергозатрат, максимальное снижение дополнительных химических веществ употребляемых в качестве сырья – материалов для создания специальной среды для роста микроорганизмов входящих в состав закваски. В работе дана обзорная информация по существующим принципам ускорения процесса сквашивания молока. Представлены результаты исследования технологии ускорения процесса сквашивания молока, для получения йогурта. Математическая обработка данных экспериментов позволила оптимизировать процесс сквашивания молока с использованием закваски FD-DVS YF-L812 \ 10Yo-Flex. Определены оптимальные значения температуры и продолжительности для максимального ускорения процесса получения йогурта при заданной частоте электромагнитного поля низкой частоты. Приведены органолептические показатели йогурта, полученного с применением активированной закваски

In Russia, as well as in foreign practice, classic yogurts are more required. Depending on the value of imported dry starters, the proposed technology allowing reduction in their quantities in yogurt technology is very crucial. It will affect the cost of the finished products. In yogurt technology, the possibility of using physical techniques, with the purpose of intensifying the process of producing yogurt, is very little reflected. Pre-activation of the leaven by electromagnetic field – lower frequency before fermenting in the production of yogurt is one of the technological tricks that speed up the fermenting process and reduce the quantity of starters. The advantage of the proposed technology is its ease of implementation, not requiring additional cost of electricity and also enhanced maximum reduction of additional chemicals which are used as raw materials to create a special environment for the growth of microorganisms belonging to the leaven. In this work, the overview of the existing principles for accelerating the fermentation process of milk is given. In this work, the research results of accelerating technology of fermenting milk for yogurt are presented. Mathematical process of experimental data enables the optimization, fermentation process using leaven FD-DVS YF-L812 \ 10Yo-Flex. The optimal temperature and duration for the maximum acceleration of the process of obtaining yogurt at a given frequency of electromagnetic field are identified. We have given organoleptic characteristics of yoghurt prepared using the activated ferment

Ключевые слова: ЗАКВАСКА, ЙОГУРТ, МОЛОКО, СКВАШИВАНИЕ, НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ФЕРМЕНТАЦИЯ

Keywords: YEAST, YOGURT, MILK, FERMENTATION, LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD, FERMENTATION

Анализ тенденций научно-технического прогресса в области переработки продуктов питания показал целесообразность совершенствования технологии и технологического оборудования для производства молочных и молочно-растительных продуктов в целях минимизации энергетических, трудовых и материальных ресурсов.

Одним из популярных видов продуктов, представляющих практический научный интерес, являются йогурты. При производстве йогуртов в качестве основных компонентов используют закваски.

Перерабатывающие предприятия России закупают биотехнологические препараты – закваски для производства кисломолочных продуктов – на сумму примерно 100 млн. амер. долл. в год.

Практически доказана целесообразность снижения количества закваски в технологии производства йогурта. – Это позволяет частично снизить зависимость от импорта без ухудшения качественных показателей готовой продукции.

На сегодняшний день известно о нескольких способах, позволяющих ускорить процесс сквашивания молока при производстве йогурта.

Анализ отечественных и зарубежных источников технической литературы позволяет сделать вывод, что в технологии производства йогурта практический интерес представляет использование технических приемов по акселерации процесса ферментации.

В трудах Barrete, Champagne, Gouret (2001), доказано, что активность стартовых культур, в том числе заквасок, влияет на продолжительность ферментации.

Препараты, используемые в технологии производства йогурта, состоят из *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*.

Учеными (Abraam, Antoni, and Anon, 1993, Lyer et al., 2010, Juile, Le Bars, Juillard, 2005), установлено, что в процессе ферментации молочных продуктов происходит гидролиз белков, в основном казеина, пептидов и

аминокислот. Эти продукты являются источником азота, способствующего росту *Streptococcus thermophilus* [3, 9]. Поэтому, при предварительном добавлении аминокислот – глютаминовой кислоты, гистидина, метионина, цистеина, валина, лейцина – происходит акселерация роста стартовых культур, в том числе ускоряется процесс сквашивания йогурта (Shishata, 2004, Sandine, 1990).

Акселерация роста стартовых йогуртовых культур с целью повышения эффективности процесса сквашивания молока проводится при добавлении нескольких разных органических компонентов: дрожжевых экстрактов, белковых концентратов, витаминов, гидролизатов, молочной сыворотки [1,2, 5, 6, 8, 10].

Акселерация роста стартовых культур во время ферментации достигалось при добавлении фермента оксилазы (OXYRASE™ (a trademark of Oxurase, Inc. of Akron, Ohio)). Буферная система способна поддерживать pH на уровне активности стартовых культур с помощью дисахаридов, невосстанавливающих дисахаридов, солей щелочных металлов [4, 5, 7, 10]. Сокращение продолжительности ферментации достигается в самых разнообразных коллоидных системах, в том числе в молочных продуктах [5].

Одним из наиболее эффективных способов ускорения процесса сквашивания молока является предварительное активирование закваски, состоящей из культуры *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus Bulgaricus*, электромагнитным полем крайне низкой частоты.

Известно, что ЭМП НЧ может вызвать как блокирование работы биологической клетки, так и, при малой интенсивности колебаний, гармонизировать работу клетки [11]. При использовании данного способа акселерации сквашивания молока установлено влияние оптимальных значений кислотности и температуры среды на рост микроорганизмов.

При регулировании вышеуказанных параметров наблюдаются большие энергозатраты и затраты органических материалов, в том числе заквасок.

Нами проведено исследование возможности активирования заквасок электромагнитным полем низкой частоты перед сквашиванием, с целью акселерации процесса сквашивания и снижения количества закваски.

В качестве объекта исследований были выбраны закваски, состоящие из культур FD-DVS YF-L812 *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus Bulgaricus*, свежее молоко, производимое в провинциях Республики Бурунди, качественные показатели которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Качественные показатели молока, производимого в провинциях Республики Бурунди

Районы республики Бурунди	Показатели						
	Влажность, %	Белки, %	Жир, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля сухого вещества, %	Кислотность °Т	Плотность, кг/м ³
Мумигуа	87,05±0,04	3,15±0,003	4,12±0,04	0,63±0,03	12,95	19	1028
Кумосо	87,04±0,04	3,10±0,004	4,11±0,05	0,63±0,03	12,96	18	1027
Бугесера	87,03±0,03	3,13±0,003	4,10±0,03	0,63±0,03	12,97	19	1027
Кирими́ро	87,03±0,03	3,12±0,02	4,12±0,01	0,63±0,03	12,97	18	1028
Мугамба	88,62±0,02	3,14±0,003	4,10±0,04	0,63±0,03	11,38	19	1028
Равнина Имбо	89,34±0,04	3,10±0,004	4,11±0,04	0,63±0,03	10,66	18	1027

Анализ физико-химических показателей молока получали на основе метода случайной выборки от коров разных районов Республики Бурунди в соответствии со всеми требованиями, предъявляемыми ГОСТ 13264 и ГОСТ 13277, что позволяет использовать данное молоко в качестве сырья для производства йогурта.

Полученное молоко подвергали предварительной пастеризации при температуре 90 °С в течение 5 мин, далее нормализации по жиру (при показателе жирности 2,5 %), затем молоко отправляли на ферментацию в термостате.

Концентрация закваски составляла 3 %, 2 %, 1,5 % от количества объема молока. Полученную нормализованную эмульсию, закваски обрабатывали электромагнитным полем частотой 75 Гц, в течение 30 минут. В качестве контрольного образца использовались образцы молока в котором было добавлено 3% закваски от принятого объема. Температура сквашивания варьировалась в пределах 37...43 °С, в зависимости от спектра действия стартовых культур FD-DVS YF-L812, *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus Bulgaricus*.

Оценка оптимальных технологических показателей закваски (время ферментации, температура и количество закваски) осуществлялась с помощью пакета программы «Статистика 8».

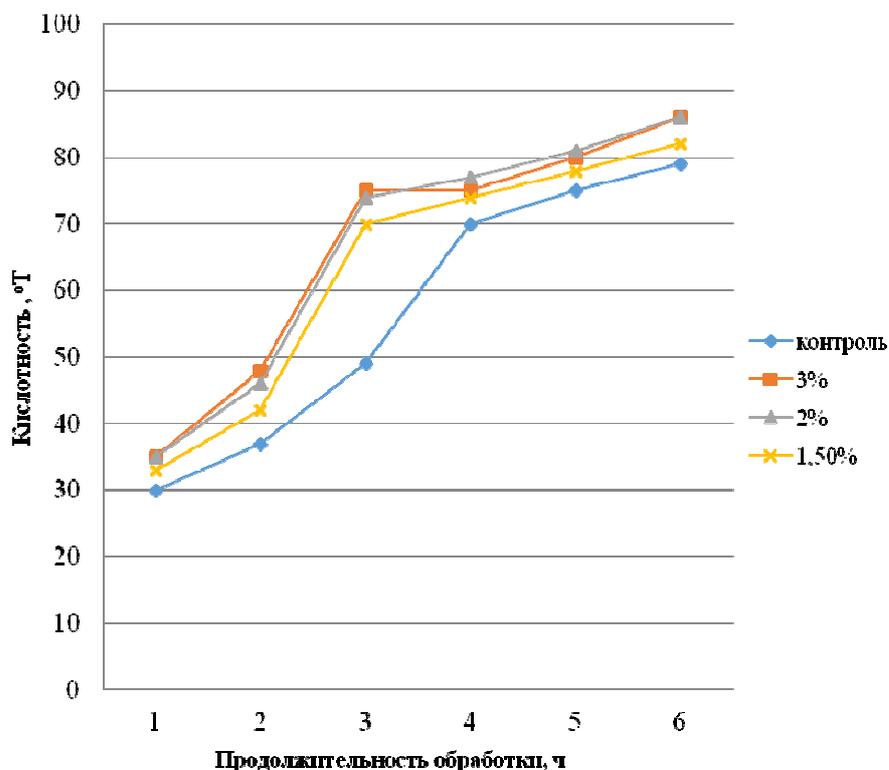


Рисунок 1 – Изменение кислотности йогурта при сквашивании при температуре 37 °С

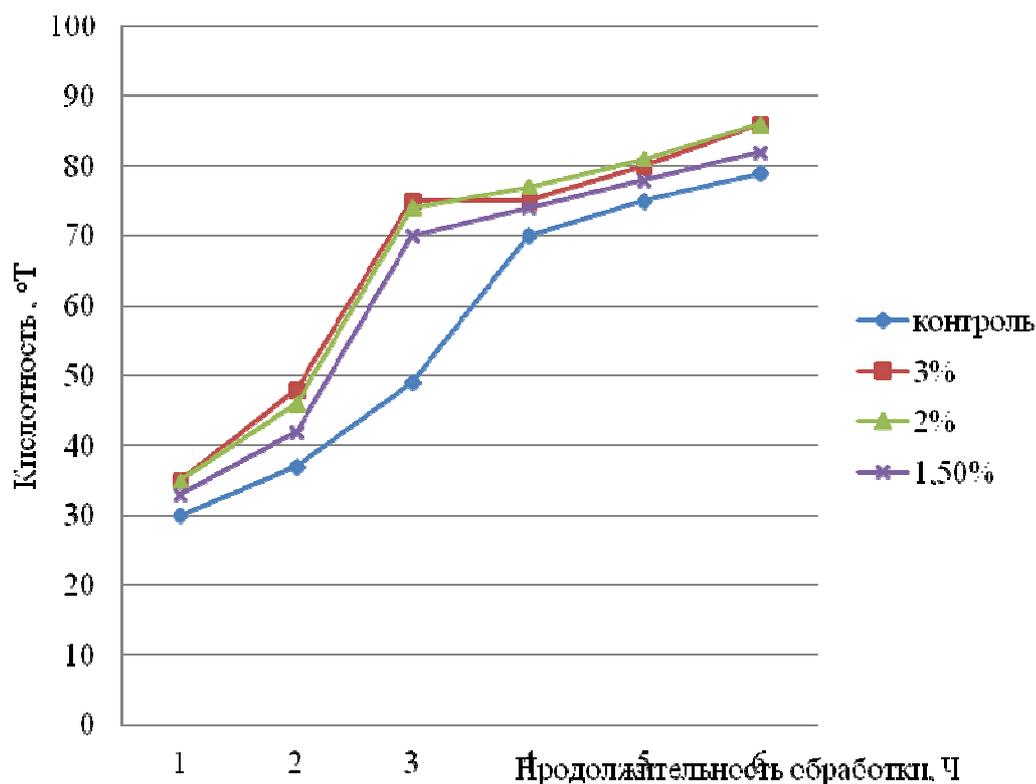


Рисунок 2 – Изменение кислотности йогурта при сквашивании при температуре 40 °С

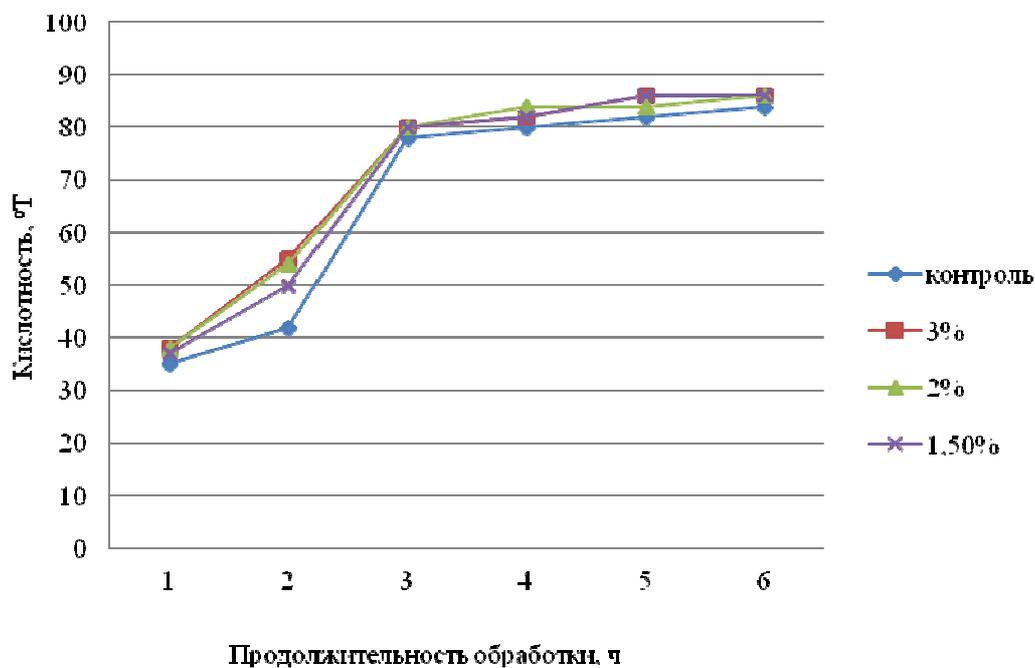


Рисунок 3 – Изменение кислотности йогурта при сквашивании при температуре 43 °С

Уравнение регрессии зависимости накопления кислотности от температуры сквашивания, время и процент активированных заквасок имеет следующее вид:

$$Y_4 = -66,59 + 1,49X_1 + 36,73X_2 + 16,52X_3 - 0,05X_1X_2 + 0,77X_1X_3 + 0,11X_2X_3 - 00,03(X_1)^2 - 3,13(X_2)^2 -$$

Анализ полученных данных и аналитических зависимостей показывает, что предварительная обработка закваски электромагнитным полем низкой частоты (75 Гц) интенсифицирует процесс образования молочной кислоты, что приводит к снижению продолжительности процесса сквашивания. Кроме того, происходит ускоренный процесс репродукции заквасочных микроорганизмов, что позволяет снизить расход закваски в 2 раза.

Особенность технологии предварительной активации закваски электромагнитным полем низкой частоты заключается в регулировании процесса накопления молочной кислоты. Анализ результатов показывает, что исключается возможность переокисления йогурта. Интенсивность репродукции микроорганизмов остается на оптимальном уровне, однако замедляется при хранении йогурта. К концу периода хранения микробиологические, физическо-химические показатели йогурта соответствовали допустимым показателям по ГОСТ Р 51331-99, их результаты показаны в таблице 2, 3. Таблица 2 – Изменение количества микрофлоры при хранении йогурта по усовершенствованной технологии

Температура сквашивания, °С	Норма внесения заквасок	Частота обработки закваски ЭМП, Гц	Хранение (при температуре 4 °С), дней		
			1		
			КОЕ/г		
43	Контроль	-	2,5×10 ⁹	1,1×10 ¹⁰	1,3×10 ⁹
43	3%	75	2,5×10 ⁹	7,0×10 ⁹	6,0×10 ⁸
43	2%	75	2,0×10 ⁹	7,0×10 ⁹	6,0×10 ⁸
43	1,5%	75	2,5×10 ⁹	1,1×10 ¹⁰	2,5×10 ⁸

Таблица 3 – Изменение кислотности и рН при хранении йогурта, полученного по усовершенствованной технологии.

Температура сквашивания, °С	Норма внесения заквасок	Частота обработки закваски ЭМП, Гц	Хранение (при температуре 4 °С), дней			
			1	7	14	
43	Контроль 3%	-	°Т	86	86	87
			рН	4,53	4,53	4,53
43	3%	75	°Т	86	86	86
			рН	4,53	4,53	4,42
43	2%	75	°Т	86	86	87
			рН	4,53	4,53	4,53
43	1,5%	75	°Т	86	86	87
			рН	4,53	4,53	4,53

Уравнение регрессии зависимости изменения рН йогурта от температуры сквашивания, времени и процента активированных заквасок имеет следующее вид:

$$Y = 18,23X_1 - 0,10X_2 - 0,96X_3 - 0,10X_1X_2 - 0,052X_1X_3 - 0,057X_2X_3 + 0,009((X_1))^2 + 0,047(X_2)^2 + 0,79(X_3)^2$$

Полученные уравнения регрессии позволяют сделать вывод, что оптимальная температура сквашивания молока для получения йогурта с помощью культуры культур FD-DVS YF-L812 *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus Vulgaricus* составляет 43 °С, продолжительности сквашивания – 3 часа, количество закваски – 1,5 %, обработка закваски ЭМП - при частоте 75 Гц в течение 30 минут. Полученный йогурт храниться при 4 °С в течение 14 дней.

Результаты органолептической оценки йогурта, полученного по усовершенствованной технологии, представлены на рисунке 4.

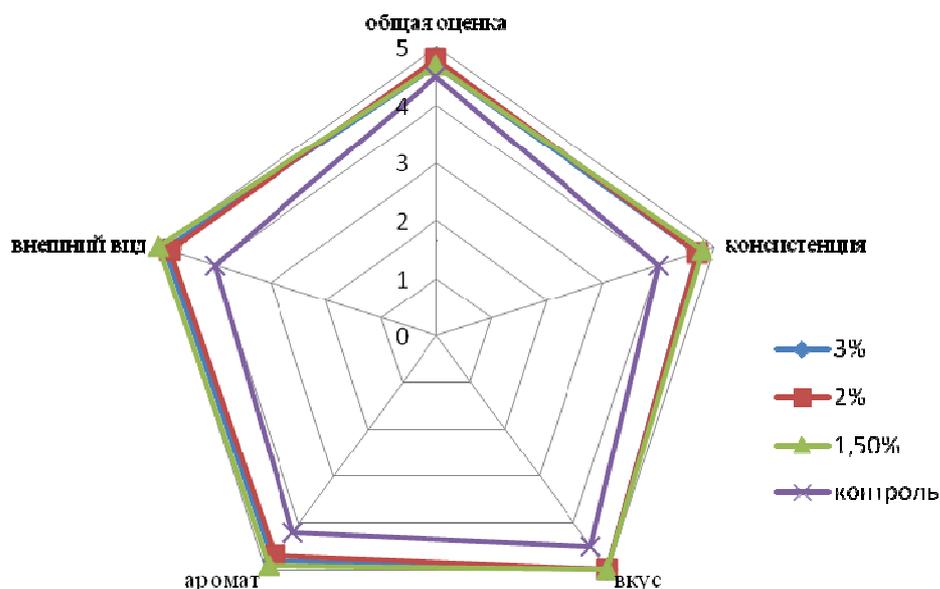


Рисунок 4 – Органолептическая оценка йогурта, полученного по усовершенствованной технологии

Органолептическая оценка исследуемых образцов проводилась по 5-бальной системе методом экспертной оценки, по 4 базовым и 1 общему показателю. Из приведённых показателей видно, что органолептические показатели всех исследуемых образцов примерно одинаковы. Применение технологии предварительного активирования закваски перед ферментацией не влияет на изменение органолептических показателей готового йогурта.

Таким образом, усовершенствованная нами технология производства йогурта заключается в акселерации процесса ферментации с максимальным снижением количества закваски, что достигается за счет использования ЭМП НЧ. При этом микробиологические, физико-химические и органолептические показатели отвечают всем требованиям нормативной документации.

Литература

1. A. Amrane and Y. Prigent, Influence of yeast extract concentration on batch cultures of *Lactobacillus helveticus*: growth and production coupling. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Vol 14, 1998.
2. A.E. Ghaly, M. S. A. Tango and M.A. Adams, ENHANCED LACTIC ACID PRODUCTION FROM CHEESE WHEY WITH NUTRIENT SUPPLEMENT ADDITION. *Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript FP 02 009. May, 2003.
3. Anne Pihlanto, Lactic Fermentation and Bioactive Peptides. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/42335.pdf>.
4. Claudette Berger, Sonia Huppert, Annie Mornet, EP 1660640 B1 , Activateur pour ferment a base de bacteries lactiques et procede de preparation d un produit mettant en oeuvre ledit activateur, 2007.
5. Daniel Y. C. Fung, US 5486367 A. Enzymatic method for accelerating fermentation of comestible products, 1996.
6. Elena Lazea Barascu and Constantin Banu, Influence of yeast extract and wheat embryos on growth of bifidobacteria in milk. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI – Food Technology*, 2003
7. Fontaine Eloi, Guillaud Denis, Mornet Annie, Zindel Laurent , WO 2002024870 A1, Activateur pour ferment a base de bacteries lactiques et procede de preparation d'un produit lacte mettant en oeuvre ledit activateur, 2002.
8. J.J. Fitzpatrick, U. O'Keeffe, Influence of whey protein hydrolysate addition to whey permeate batch fermentations for producing lactic acid, May 2001.
9. Malireddy S. Reddy US 7497289 A Inoculation procedure of heat treated milk base, 1989.
10. ГИЙО Дени (FR), ЗЕНДЕЛЬ Лоран (FR), МОРНЕ Анни (FR), ФОНТЕН Элуа (FR), RU 2266322, МПК⁷ С12N1/20, А23С9/127 А23С19/032. Активатор закваски на основе молочнокислых бактерий, активированная закваска и способ получения молочного продукта. 2005.
11. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира. Монография/ - Краснодар КубГАУ, 2005. – 500 pp.

References

1. A. Amrane and Y. Prigent, Influence of yeast extract concentration on batch cultures of *Lactobacillus helveticus*: growth and production coupling. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Vol 14, 1998.
2. A.E. Ghaly, M. S. A. Tango and M.A. Adams, ENHANCED LACTIC ACID PRODUCTION FROM CHEESE WHEY WITH NUTRIENT SUPPLEMENT ADDITION. *Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript FP 02 009. May, 2003.
3. Anne Pihlanto, Lactic Fermentation and Bioactive Peptides. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/42335.pdf>.
4. Claudette Berger, Sonia Huppert, Annie Mornet, EP 1660640 B1 , Activateur pour ferment a base de bacteries lactiques et procede de preparation d un produit mettant en oeuvre ledit activateur, 2007.
5. Daniel Y. C. Fung, US 5486367 A. Enzymatic method for accelerating fermentation of comestible products, 1996.
6. Elena Lazea Barascu and Constantin Banu, Influence of yeast extract and wheat embryos on growth of bifidobacteria in milk. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI – Food Technology*, 2003

7. Fontaine Eloi, Guillaud Denis, Mornet Annie, Zindel Laurent , WO 2002024870 A1, Activateur pour ferment a base de bacteries lactiques et procede de preparation d'un produit lacte mettant en oeuvre ledit activateur, 2002.

8. J.J. Fitzpatrick, U. O'Keeffe, Influence of whey protein hydrolysate addition to whey permeate batch fermentations for producing lactic acid, May 2001.

9. Malireddy S. Reddy US 7497289 A Inoculation procedure of heat treated milk base, 1989.

10. GIJO Deni (FR), ZENDEL" Loran (FR), MORNE Anni (FR), FONTEN Jelua (FR), RU 2266322, MPK 7 C12N1/20, A23C9/127 A23C19/032. Aktivator zakvaski na osnovе molochnokislyh bakterij, aktivirovannaja zakvaska i sposob poluchenija molochnogo produkta. 2005.

11. Kanarjov F.M. Nachala fizhimii mikromira. Monografija/ - Krasnodar KubGAU, 2005. – 500 rr.