

11. Rosenberg, U., Sinell, H.J. Effect of high frequency treatment on several microorganisms important to food health. Zentralbl. Hyg Umweltmed. 1989, June, 188 (3 – 4); s 271 – 83
12. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле. 200стр., Одесса-2010, Изд. «Полиграф».
13. Renzo Carta, Francesco Desyus. The effect of low-power microwaves on the growth of bacterial populations in a plug flow reactor. AIChE Journal, v. 56, iss 5, pp 1270 – 1278, May, 2010
14. Saeed, M.A., Jilbert, P. Influence of low intensity 2450 MHz microwave radiation upon the growth of various microorganisms and their sensitivity towards chemical inactivation. Microbios, 1981, 32, pp 129 – 130, 135 – 142
15. Крыцын Д.И. Влияние переменных магнитных излучений на динамику роста микроорганизмов. Автореферат к. ф-м. н. Краснодар, 2009
16. Вызулин С.А., Вызулина В.И., Крыцын Д.И. Эффект действия излучения магнитостатических волн на биологическую активность микроорганизмов. Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2004, №4, с. 28 – 33
17. Голант М.Б., Кузнецова Ф.Г., Божанова Т.П. О механизме синхронизации культуры дрожжевых клеток КВЧ излучением. Биофизика, 1994, т. 39, №3, с. 490 – 495
18. Бержанская Л.Ю., Бержанский В.И., Белопогодова О.Ю. Влияние ЭМ полей на биолюминисцентную активность бактерий. Биофизика, 1995, т. 40, №5, с. 974 – 977

УДК 537.868:663.18

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КЕФИРНЫЙ ГРИБ CORDYCEPS CHINENSIS

**Бурдо О.Г., д-р техн. наук, профессор, Рыбина О.Б., к.т.н., Терзема Е.Ф.  
Одесская национальная академия пищевых технологий**

*Рассматривалось влияние электромагнитного поля СВЧ диапазона на тибетский кефирный гриб. Проводились исследования зависимости рН молока с тибетским кефирным грибом от времени обработки и от удельной мощности электромагнитного поля, а также зависимости прироста биомассы от удельной мощности электромагнитного поля. Установлено, что максимальное значение прироста биомассы и минимальное значение рН продукта достигается при удельной мощности электромагнитного поля 0,08 кВт/кг.*

*The action of electromagnetic field of UHF range on Tibetan kefir fungus (Cordyceps chinensis) was considered. The dependence of pH of milk with the Tibetan kefir fungus and biomass growth on specific power and duration of treatment were studied. It was found 0,08 kWt/kg (specific power) biomass growth has a maximum and pH has a minimum.*

**Ключевые слова:** тибетский кефирный гриб, электромагнитное поле, прирост биомассы.

**Key words:** Tibetan kefir fungus, electromagnetic field, biomass growth.

Электромагнитное поле может оказывать различное влияние на живые микроорганизмы. При одних значениях мощности поля и времени облучения может произойти инактивация определенного типа микроорганизмов. При других режимах происходит обратный процесс – микроорганизмы начинают быстрее развиваться, усиливается процесс их жизнедеятельности [1, 2, 3].

Одним из интересных объектов исследования является тибетский кефирный гриб (Cordyceps chinensis).

Сам по себе кефирный гриб является симбиозом более десяти различных микроорганизмов, растущих и размножающихся вместе [4]. В состав этого гриба входят лактобактерии, уксуснокислые бактерии, молочные дрожжи (таблица 1).

Таблиця 1 – Микробиологічні складові «кефирного зерна» і продукту його діяльності (кефіра)

Лактобактерії	Стрептококки.	Дрожжі
Lactobacillus acidophilus	Streptococcus thermophilus	Dekkera anomala t/ Brettanomyces anomalus a
Lb. brevis [Possibly now Lb. kefir]	St. paracitrovorus ^	Kluyveromyces marxianus t/ Candida kefir a#
Lb. casei subsp. casei	Lactococcus lactis subsp. lactis	Pichia fermentans t/ C. firmetaria a
Lb. casei subsp. rhamnosus	Lc. lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis	Yarrowia lipolytica t/ C. lipolytica a
Lb. paracasei subsp. paracasei	Lc. lactis subsp. cremoris	Debaryomyces hansenii t/ C. famata a#
Lb. fermentum	Enterococcus durans	Deb. [Schwanniomyces] occidentalis
Lb. cellobiosus	Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris	Issatchenkia orientalis t/ C. krusei a
Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus	Leuc. mesenteroides subsp. mesenteroides	Galactomyces geotrichum t/ Geotrichum candidum a
Lb. delbrueckii subsp. lactis	Leuc. dextranicum	C. friedrichii
Lb. fructivorans	<b>Уксуснокислі бактерії:</b>	C. rancens
Lb. helveticus subsp. lactis	Acetobacter aceti	C. tenuis
Lb. hilgardii	Acetobacter r asens	C. humilis
Lb. helveticus		C. inconspicua
Lb. kefir		C. maris
Lb. kefirnofaciens subsp. kefirgranum		Cryptococcus humicolus
Lb. kefirnofaciens subsp. kefirnofaciens		Kluyveromyces lactis var. lactis #
Lb. parakefir		Kluyv. bulgaricus
Lb. plantarum		Kluyv. lodderae
		Saccharomyces cerevisiae #
		Sacc. subsp. torulopsis holmii
		Sacc. pastorianus
		Sacc. humaticus
		Sacc. unisporus
		Sacc. exiguus
		Sacc. turicensis sp. nov
		Torulasporea delbrueckii t
		* Zygosaccharomyces rouxii

Кефир, як продукт життєдіяльності кефирного гриба, викликає одночасно і молочнокисле, і спиртове бродіння. В кефирі міститься не тільки молочна кислота, але ще і спирт, подавляючий гнильні процеси в кишечнику, і углекислий газ.

Целебні властивості кефіра, сквашеного на основі тибетського кефирного грибка: активізує імунну систему; нормалізує обмін речовин (в тому числі вуглеводний); вилічує шлунково-кишкові захворювання (в тому числі язвенну хворобу), т.к. нормалізує склад кишечної мікрофлори, має ранозаживляючий ефект; має антиалергічний ефект; протимікробний, противоспалювальний ефект; має желчогонні, спазмолітичні властивості; підвищує полову активність; покращує пам'ять і увагу; виводить з організму аспірин, сульфаниламід і антибіотики.

Кефир – єдиний кисломолочний напій, вироблюваний в промисловості на симбіотичних заквасках – грибах.

Мета цієї роботи полягає в визначенні впливу електромагнітних хвиль сантиметрового діапазону частотою 2450 МГц на тибетський кефирний гриб *Cordyceps chinensis*.

Експериментальна частина здійснювалася наступним чином. Кефирний гриб *Cordyceps chinensis* в активному стані зважували на аналітичних вагах, поміщали в чашки Петри і загрузали в апарат для облучення електромагнітним полем.

Місце розташування контейнера з мікроорганізмами во всіх дослідах було постійним. Кефирний гриб оброблявся при різних режимах подачі енергії. Регулювання вихідної потужності СВЧ-апарату здійснювалось методом широтно-імпульсної модуляції. Справу після обробки при допомозі пірометра вимірювалась температура поверхні грибів. Вона не перевищала 32 °С. Результати експериментів представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати експеримента

Время обработки СВЧ, мин	Температура после СВЧ обработки	Разность между начальной температурой и температурой после СВЧ обработки	pH через 23 часа	Q, кДж/кг	Q', кВт/кг	Прирост биомассы, %
<b>10</b>	28-30	12	4,05	46,7	0,080	24
<b>9</b>	31-32	12	4,13	46,4	0,086	20
<b>9</b>	29-33	14	4,16	54,0	0,100	23
<b>6</b>	20-21	6	4,20	23,0	0,064	24
<b>5</b>	23	5	4,23	39,0	0,065	21
<b>3</b>	26	8	4,35	31,0	0,172	17
<b>1</b>	25	7	4,37	25,7	0,430	13
<b>4</b>	21	4	4,42	12,0	0,050	26
<b>4</b>	22	4	4,46	16,8	0,070	29
<b>контроль</b>			4,6			15

После СВЧ-обработки грибы заливали молоком в соотношении 1:25 и выдерживали в термостате при температуре 25 °С, рекомендуемой [5].

Для приготовления грибковой закваски в промышленных условиях грибы в активном состоянии заливают 20 – 30 частями молока, пастеризованного при температуре 92 – 95 °С с выдержкой 30 мин и охлажденного до температуры 20 – 25 °С. При этой температуре происходит сквашивание в течение 18 – 24 часов. В ходе сквашивания молоко с грибами несколько раз перемешивают. Полученный сгусток отделяют от грибков и получают материнскую закваску. Материнскую закваску используют для приготовления производственной путем внесения 5 % ее в молоко при 20 °С [5].

В процессе развития грибов меняется значение pH среды, в которой они находятся. На рисунке 1 представлено изменение pH молока с грибами, обработанными электромагнитным полем удельной мощности 0,08 кВт/кг, и контрольного образца (не обработанные грибы) во времени. Как видно, обработка грибов ускоряет их процессы жизнедеятельности. Уменьшение значения pH свидетельствует о процессе сквашивания кефира. Если pH контрольного образца достигает значения 4,6 за 23 часа (как и в промышленных условиях), то для продукта с обработанными электромагнитным полем грибами это же значение pH достигается за 16 часов. Т.о. процесс созревания материнской кефирной закваски сокращается на 7 часов.

Анализируя данные таблицы 2, можно сказать, что энергия облучения грибов неоднозначно влияет на их развитие. На рисунке 2 показано, как изменяется pH продукта через 23 часа (время полного сквашивания кефирной закваски на не обработанных грибах в промышленных условиях) при обработке грибов энергией различной мощности.

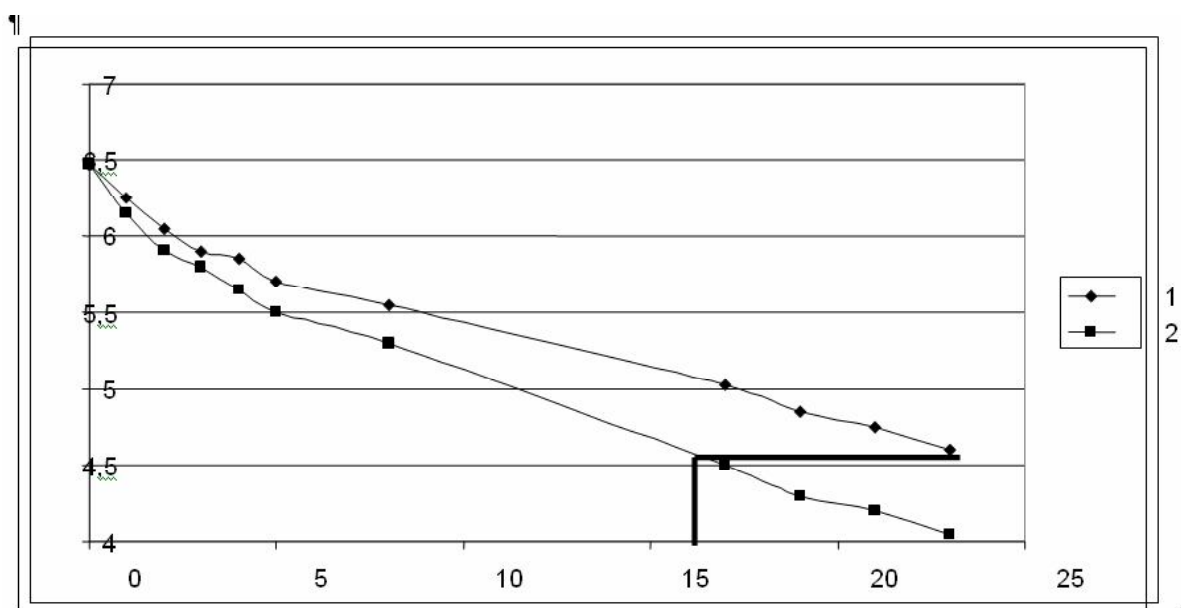


Рис. 1 – Изменение pH продукта со временем: 1 – контрольный образец, 2 – образец, обработанный электромагнитным полем.

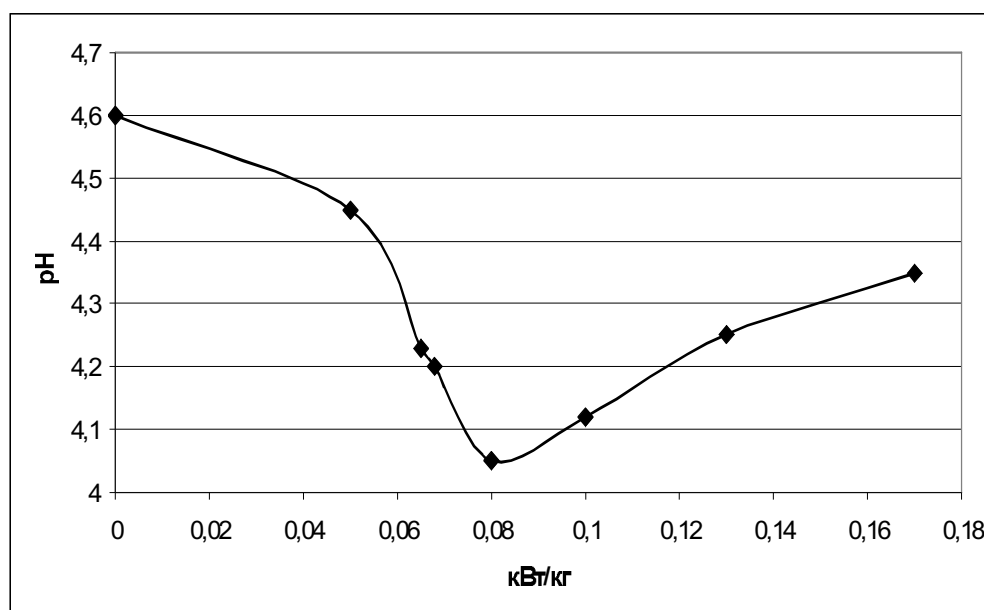
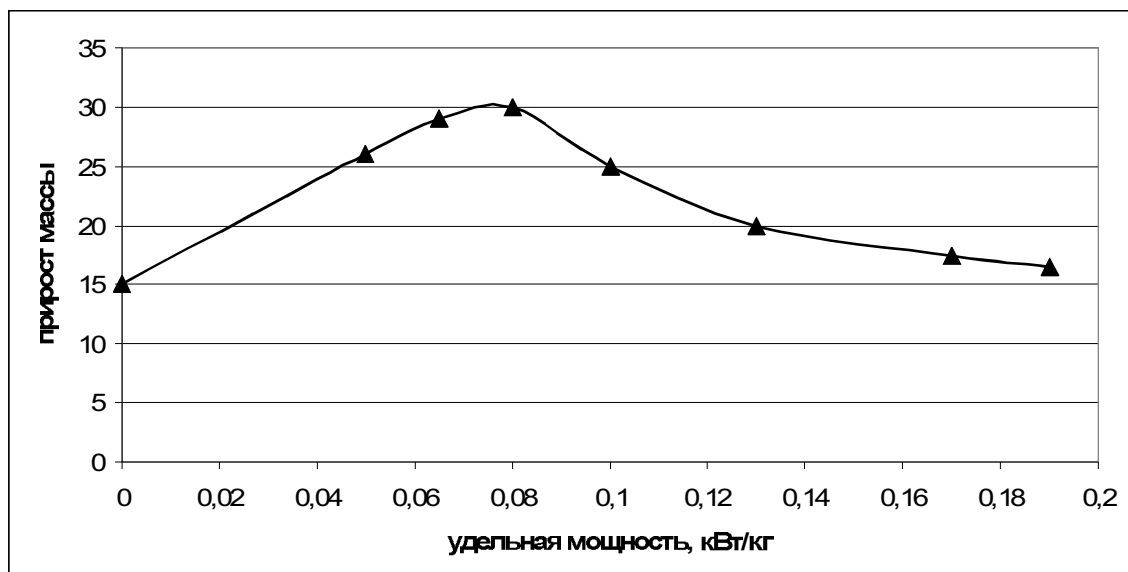


Рис. 2 – Зависимость pH продукта от удельной мощности электромагнитного поля.

Из рисунка 2 следует, что существует такой диапазон удельной мощности электромагнитного поля (0,07 – 0,08 кВт/кг), при котором pH продукта достигает минимального значения за время сквашивания продукта в течение 23 часов. Увеличение или уменьшение удельной мощности не уменьшает значения pH.

После созревания кефирной закваски, т.е. по истечении 23 часов, грибы отделяли от молочного сгустка, промывали и взвешивали. Было установлено, что прирост биомассы, как и изменение pH продукта, зависит от удельной мощности электромагнитного поля. На рисунке 3 показан прирост биомассы тибетского молочного гриба при различной удельной мощности поля.



**Рис. 3 – Залежність прироста біомаси тибетського молочного гриба (в %) від удельної потужності електромагнітного поля.**

На рисунку 3 крайня лівая точка показує, що контрольний зразок збільшує свою біомасу через 23 години на 15 %, а гриби, оброблені електромагнітним полем удельної потужністю 0,07 – 0,08 кВт/кг, збільшують її через те ж саме час на 30 %, т.е. вдвоє більше.

Т.к. при значенні удельної потужності електромагнітного поля 0,07 – 0,08 кВт/кг і значення рН продукту оказується мінімальним (що свідчить про швидше сквашування материнської закваски), і прирост біомаси максимальен, то це дозволяє зробити висновок, що такий режим обробки грибків найбільш ефективен.

#### Література:

1. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Дослідження процесів мікрохвильової стерилізації та пастеризації.// Зб. наук. праць. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Вип. 1 (3), Харків 2006. С. 203 – 210.
2. Бурдо О.Г., Семков С.В. Математическая модель низкотемпературного пастеризатора// Материалы Межун. научно-практической конференции «Повышение энергетической эффективности пищевых и химических производств.» - Одесса, ОНАПТ – 2007, 4 – 7 июня, с. 204.
3. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле. 200стр., Одесса-2010, Изд. «Полиграф».
4. KEFIR! (англоязычный сайт) <http://users.chariot.net.au/~dna/kefirpage.html#main-ingredient>
5. Твердохлеб Г.В., Диланян З.Х., Чекулаева Л.В., Шиллер Г.Г. Технология молока и молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 463с.