

Влияние солей тяжелых металлов и экстракта, обладающего антиоксидантным действием, на показатели белкового обмена дрожжевых клеток

О.М. Балаева-Тихомирова, А.С. Новикова, А.Д. Кублицкая
Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»

Своевременная оценка устойчивости дрожжевых клеток имеет огромное значение в связи с постоянно усиливающимся неблагоприятным воздействием факторов окружающей среды. Повышенное содержание катионов металлов в окружающей среде снижает интенсивность и изменяет характер белкового обмена в живых клетках.

Цель работы – исследование влияния солей тяжелых металлов различной концентрации и экстракта, обладающего антиоксидантным действием, на показатели белкового обмена дрожжевых клеток (*Saccharomyces cerevisiae*).

Материал и методы. Исследовалось влияние солей тяжелых металлов (CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) и экстракта куколок дубового шелкопряда на белковый обмен дрожжевых клеток (*Saccharomyces cerevisiae*). Определялись показатели белкового обмена (общий белок, ДНК, РНК) спектрофотометрическими методами.

Результаты и их обсуждение. Соли тяжелых металлов сульфата меди (II) и нитрата свинца (II) оказывают негативное влияние на культуру дрожжевых клеток, степень воздействия зависит от концентрации соли. Сульфат меди (II) и нитрат свинца (II) в концентрации 1М вызывают наиболее выраженный негативный эффект. Экстракт куколок дубового шелкопряда способствовал снижению воздействия сульфата меди (II) и нитрата свинца (II) на дрожжевые клетки в разведении 1:100, 1:1000. Данный эффект экстракта куколок дубового шелкопряда связан с его составом и свойствами, он обладает антиоксидантным действием.

Заключение. Соли тяжелых металлов снижают обмен белков в клетках. Применение экстракта куколок дубового шелкопряда уменьшает неблагоприятное воздействие солей тяжелых металлов и нормализует обмен белков в клетках хлебопекарных дрожжей.

Ключевые слова: хлебопекарные дрожжи, культивирование, экстракт куколок дубового шелкопряда, соли тяжелых металлов.

Influence of Heavy Metal Salts and Antioxidant Extract on Indices of Protein Metabolism in Yeast Cells

O.M. Balayeva-Tikhomirova, A.S. Novikova, A.D. Kublitskaya
Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Timely assessment of stability of yeast cells is of great importance in connection with the constantly increasing adverse impacts of environmental factors. High content of cations of metals in the environment reduces the intensity and changes the nature of protein metabolism in living cells.

The aim of the research is to study the influence of different concentrations of salts of heavy metals and antioxidant extract of oak silkworm pupae on the performance of protein metabolism in yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*).

Material and methods. Influence of salts of heavy metals (CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) and extract of oak silkworm pupae on the protein metabolism of yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*) was studied. Indicators of protein metabolism (protein, DNA, RNA) were identified by spectrophotometer methods.

Findings and their discussion. Salts of heavy metals of copper (II) sulfate and lead (II) nitrate have a negative impact on the culture of yeast cells, the extent of the impact depends on the concentration of salts in the culture. Copper (II) sulfate and lead (II) nitrate at a concentration of 1M cause the most pronounced negative effect. Extract of oak silkworm pupae contributed to reducing the impact of copper (II) sulfate and lead (II) nitrate on yeast cells in the solution of 1:100, 1:1000. The effect of extract of oak silkworm pupae is associated with its composition and properties, it has antioxidant properties.

Conclusion. Heavy metal salts reduce the metabolism of proteins in cells. Application of extract of oak silkworm pupae reduced adverse effects of salts of heavy metals and normalized protein metabolism in the cells of baking yeast.

Key words: baking yeast, cultivation, extract of oak silkworm pupae, heavy metal salts.

Своевременная оценка устойчивости дрожжевых клеток имеет огромное значение в связи с постоянно усиливающимся неблагоприятным воздействием факторов окружающей среды. Реакция дрожжевых клеток на факторы среды изучена далеко не полностью [1].

В результате различных видов человеческой деятельности в воздух и почву выбрасывается более 200 различных компонентов [2]. Среди них обширную группу занимают тяжелые металлы, влияние которых на живые организмы в последнее время активно изучается на морфофизиологическом и биохимическом уровнях. Повышенное содержание катионов металлов в окружающей среде снижает интенсивность и изменяет характер белкового обмена в живых клетках [3–4].

Цель работы – исследование влияния солей тяжелых металлов различной концентрации и экстракта, обладающего антиоксидантным действием, на показатели белкового обмена дрожжевых клеток (*Saccharomyces cerevisiae*).

Материал и методы. Объект исследования – хлебопекарные дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*). Предмет исследования – число клеток, показатели обмена белков (общий белок, ДНК, РНК); влияние солей тяжелых металлов различной концентрации и экстракта куколок дубового шелкопряда (ЭКДШ).

Для исследования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* использовался метод культивирования на твердой питательной среде. Выращивание культуры дрожжей проводили при температуре 32°C в течение 24 часов в чашках Петри [5]. Затем дрожжевые клетки отмывались от среды 0,9% раствором NaCl, осаждались центрифугированием и в дальнейшем исследовались по физиолого-биохимическим показателям. В качестве фактора, снижающего неблагоприятное воздействие солей тяжелых металлов, использовалась субстанция биологической природы – экстракт куколок дубового шелкопряда, который является водорастворимым экстрактом из гемолимфы куколок дубового шелкопряда и обладает антиоксидантной, антиаллергенной, противоопухолевой и адаптогенной активностями [6].

Для изучения влияния CuSO_4 и экстракта куколок дубового шелкопряда на белковый обмен была разработана следующая модель: контрольная группа 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей; 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл CuSO_4 (1М; 0,1М; 0,01М); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000).

Для изучения влияния $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и экстракта куколок дубового шелкопряда на белковый обмен была разработана следующая модель: контрольная группа 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей; 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (1М; 0,1М; 0,01М); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000); 5 мл среды ГРМ-агар + 1 мл сухих дрожжей + 100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10; 1:100; 1:1000; 1:10000).

Количество дрожжевых клеток подсчитывалось в камере Горяева [7]. Определение содержания белка в дрожжевых клетках проводили по методу Лоури [8]. Содержание ДНК и РНК (мг/г ткани) устанавливали по методу, предложенному Blober и Potter [9], основанному на спектрофотометрическом определении ДНК при λ 270 и 290 нм и РНК при λ 270. Протеолитическую активность дрожжевых клеток проводили по методу Ансона и оценивали по количеству аминокислоты тирозина. Концентрацию тирозина определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина при длине волны 280 нм [10].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с применением пакета статистических программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение. Для изучения влияния солей тяжелых металлов и экстракта куколок дубового шелкопряда на дрожжевые клетки было проведено культивирование дрожжей с их концентрацией в суспензии 1:100 на питательной среде ГРМ-агар. На культуру дрожжей воздействовали растворами солей тяжелых металлов ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и CuSO_4) с различной концентрацией (0,01М, 0,1М, 1М) и раствором ЭКДШ в разведении 1:100, 1:1000, 1:10000.

Культивирование клеток проводилось в одинаковых условиях с использованием одной питательной среды (ГРМ-агар) и разведения сухих дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* 1:100 в 3-х последовательностях, результаты статистической обработки полученных результатов представлены в табл. 1.

Установлено, что при использовании одного 1М CuSO_4 и в сочетании с ЭКДШ различной концентрации число дрожжевых клеток во всех группах в сравнении с контролем уменьшается. В группе с 1М CuSO_4 без влияния ЭКДШ,

а также при внесении экстракта куколок дубового шелкопряда в различном разведении количество клеток в культуральной среде отличается между собой незначительно. В среднем наблюдаем уменьшение количества клеток на 87% в сравнении с контролем. Это объясняется высокой концентрацией CuSO_4 . Также уменьшается число клеток в сравнении с контролем в группах 100 мкл 0,1М CuSO_4 без экстракта, а также при внесении ЭКДШ в разведении 1:10 и 1:10000 на 49% в среднем. В пределах группы наблюдается незначительное расхождение в 1–2%. В группах с 0,1М CuSO_4 и разведением ЭКДШ 1:100 и 1:1000 в сравнении с группой 0,1М CuSO_4 без экстракта количество клеток в культуральной среде увеличилось значительно, на 79% и 75% соответственно. Отмечено увеличение числа клеток *Saccharomyces cerevisiae* в сравнении с контролем в группах 100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100) на 45%, 100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000) на 60%. В других группах статистически значимых изменений по сравнению с контролем не обнаружено.

Сульфат меди (II) оказывает неблагоприятное воздействие на рост и развитие дрожжевых клеток. Степень влияния данного фактора

на задержку и даже гибель клеток определяют его концентрация и наличие дополнительного фактора воздействия – ЭКДШ. Так, отмечено уменьшение пагубного воздействия на клетки с уменьшением концентрации 1М, 0,1М, 0,01М раствора, а также установлены статистически значимые отличия от групп с использованием только соли тяжелого металла с группами, в которых применялся ЭКДШ: 100 мкл 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:100) увеличивает количество клеток на 79%, а в разведении 1:1000 – на 75%. В группе с 0,01 М CuSO_4 и разведением ЭКДШ 1:100 наблюдается увеличение количества клеток в сравнении с группой без экстракта на 40%, в группе с разведением ЭКДШ 1:1000 в сравнении с аналогичной группой количество клеток увеличилось на 54%.

Результаты статистической обработки полученных результатов по числу клеток в культуральной среде при влиянии $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и применении ЭКДШ представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что при использовании одного 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и в сочетании с ЭКДШ различной концентрации число дрожжевых клеток во всех группах в сравнении с контролем уменьшается в среднем на 63%. Отличия в данных группах между собой незначительны.

Таблица 1

Количество клеток в культуральной среде при влиянии солей тяжелых металлов (CuSO_4) и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа (n=9)	Количество клеток в культуральной среде
Контроль	$2,22 \cdot 10^7 \pm 0,07 \cdot 10^7$
100 мкл 1М CuSO_4	$0,22 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$0,27 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$0,31 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$0,32 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$0,35 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М CuSO_4	$1,07 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$1,10 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$1,92 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(3)}$
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$1,87 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(3)}$
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$1,17 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,01М CuSO_4	$2,30 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7$
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$2,75 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7$
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$3,22 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1, 4)}$
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$3,55 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1, 4)}$
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$2,01 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7$

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М CuSO_4 ; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М CuSO_4 ; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,01М CuSO_4 .

Таблица 2

**Количество клеток в культуральной среде при влиянии солей тяжелых металлов ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)
и применении ЭКДШ ($M \pm m$)**

Группа (n=9)	Количество клеток в культуральной среде
Контроль	$2,25 \cdot 10^7 \pm 0,07 \cdot 10^7$
100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$0,75 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$0,78 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$0,82 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$0,85 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$0,90 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$1,15 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$1,27 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7^{(1)}$
100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$2,45 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(3)}$
100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$2,57 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(3)}$
100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$2,10 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(3)}$
100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$2,37 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7$
100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	$3,12 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1, 4)}$
100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	$3,45 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1, 4)}$
100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	$3,88 \cdot 10^7 \pm 0,01 \cdot 10^7^{(1, 4)}$
100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	$2,40 \cdot 10^7 \pm 0,02 \cdot 10^7$

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,01М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Таблица 3

**Содержание белка (мг/г) в дрожжевых клетках при влиянии CuSO_4
и применении ЭКДШ ($M \pm m$)**

Группа (n=9)	Общий белок
Контроль	189,2±8,63
100 мкл 1М CuSO_4	57,83±1,44 ¹
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	58,13±1,82 ¹
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	58,46±1,43 ¹
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	58,83±1,36 ¹
100 мкл 1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	90,71±1,27 ¹
100 мкл 0,1М CuSO_4	91,15±1,26 ¹
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	115,7±2,23 ¹
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	179,3±2,56 ³
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	165,7±1,67 ³
100 мкл 0,1М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	118,8±1,98 ¹
100 мкл 0,01М CuSO_4	178,66±2,07
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	343,6±2,65 ^{1, 4}
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	284,8±3,54 ^{1, 4}
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	231,7±4,31
100 мкл 0,01М CuSO_4 + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	173,5±4,23

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М CuSO_4 ; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М CuSO_4 ; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,01М CuSO_4 .

Группы 0,1М Pb(NO₃)₂ без ЭКДШ и 0,1М Pb(NO₃)₂ + ЭКДШ (1:10) характеризуются сходными показателями. Наблюдается снижение количества клеток в культуре в сравнении с контролем в среднем на 46%. В группе с разведением экстракта куколок дубового шелкопряда 1:100 и 1:1000 и концентрацией раствора Pb(NO₃)₂ 0,1М прослеживается незначительное увеличение (в сравнении с раствором соли тяжелого металла без ЭКДШ) количества клеток в культуральной среде на 9% и 14% соответственно.

Существенно отличаются показатели в группах с концентрацией Pb(NO₃)₂ 0,01М и различным разведением экстракта. При разведении ЭКДШ в соотношении 1:10 количество клеток в среде возрастает на 38% в сравнении с контролем, при разведении 1:100 увеличение составляет 53%, при разведении 1:1000 – 72%. При сравнении с раствором Pb(NO₃)₂ 0,01М также во всех группах с ЭКДШ наблюдается увеличение количества клеток в культуре: 31,6% – при минимальном разведении (1:10), 53% – при разведении 1:100 и 63,7% – при разведении 1:1000.

Нитрат свинца (II) так же, как и сульфат меди (II), оказывает негативное воздействие на культуры

дрожжевых клеток *Sacharomyces cerevisiae*. Данные соли значительно подавляют рост дрожжей при концентрации 1 моль/л, несмотря на внесение в среду экстракта куколок дубового шелкопряда в качестве фактора, снижающего неблагоприятное воздействие на клетки за счет антиоксидантных свойств. При снижении концентрации Pb(NO₃)₂ его пагубное влияние на культуру дрожжей снижается и наблюдается увеличение количества дрожжевых клеток в среде.

Результаты по изучению влияния на белковый обмен солей тяжелых металлов в различной концентрации и ЭКДШ представлены в табл. 3–8.

Статистически значимые отличия по содержанию общего белка в дрожжевых клетках при их культивировании выявлены в сравнении с контролем в группах с 1М CuSO₄ и разведением экстракта куколок дубового шелкопряда в соотношении 1:10, 1:100 и 1:1000. В данной группе содержание общего белка незначительно различается между собой и в среднем отличается от контроля уменьшением на 69%. В группах 1М CuSO₄ + ЭКДШ (1:10000) содержание общего белка в сравнении с контролем уменьшилось на 52%. Значение показателя общего белка в данной группе относительно контроля в среднем уменьшилось на 38%.

Таблица 4

Содержание ДНК (мг/г) и РНК (мг/г) в дрожжевых клетках при влиянии CuSO₄ и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа (n=9)	Показатель	
	ДНК	РНК
Контроль	6,54±0,22	16,42±1,03
100 мкл 1М CuSO ₄	1,94±0,02 ¹	4,02±0,04 ¹
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	2,19±0,01 ¹	4,13±0,03 ¹
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	2,32±0,01 ¹	4,25±0,03 ¹
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	2,39±0,01 ¹	4,31±0,04 ¹
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	2,44±0,02 ¹	4,43±0,02 ¹
100 мкл 0,1М CuSO ₄	3,51±0,01 ¹	7,46±0,05 ¹
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	3,68±0,01 ¹	7,59±0,05 ¹
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	5,33±0,01 ³	14,16±1,03 ³
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	4,86±0,02 ³	13,21±1,02 ³
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	3,77±0,03 ¹	8,03±0,89 ¹
100 мкл 0,01М CuSO ₄	6,95±0,15	16,87±1,15
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	10,28±1,07 ^{1,4}	25,04±1,76 ^{1,4}
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	9,78±0,64 ^{1,4}	23,58±1,54 ^{1,4}
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	7,13±0,26	17,14±1,22
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	5,92±0,76	14,44±1,23

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М CuSO₄; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М CuSO₄; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М CuSO₄.

Таблица 5

Содержание ДНК (мг/г) и РНК (мг/г) в дрожжевых клетках при влиянии $Pb(NO_3)_2$ и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа	Показатель	
	ДНК	РНК
Контроль	6,54±0,22	16,42±1,03
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$	2,69±0,11 ¹	4,68±0,11 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	2,72±0,26 ¹	4,74±0,26 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	2,91±0,37 ¹	4,82±0,37 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	3,04±0,14 ¹	4,94±0,14 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	3,18±0,22 ¹	4,99±0,22 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$	3,94±0,45 ¹	7,75±0,45 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	4,12±0,63 ¹	7,98±0,63 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	6,84±1,03 ³	16,87±1,03 ³
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	7,27±1,02 ³	17,05±1,02 ³
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	6,34±0,89 ³	16,17±0,89 ³
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$	6,68±1,24	16,56±1,24
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	10,11±1,53 ^{1,4}	22,54±1,53 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	11,07±1,46 ^{1,4}	25,87±1,46 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	12,24±1,12 ^{1,4}	28,61±1,12 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	6,45±1,09	16,67±1,09

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$.

Таблица 6

Содержание белка (мг/г) в дрожжевых клетках при влиянии $Pb(NO_3)_2$ и применении ЭКДШ ($M \pm m$)

Группа	Общий белок
Контроль	189,2±8,63
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$	61,14±0,11 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	61,48±0,26 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	62,56±0,37 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	62,89±0,14 ¹
100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	63,71±0,22 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$	91,34±0,45 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	93,71±0,63 ¹
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	197,3±1,03 ³
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	210,7±1,02 ³
100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	183,5±0,89 ³
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$	173,8±1,24
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	351,4±1,53 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	316,1±1,46 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	283,2±1,12 ^{1,4}
100 мкл 0,01М $Pb(NO_3)_2$ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	205,4±1,09

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с разведением 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 1М $Pb(NO_3)_2$; ³P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 100 мкл 0,1М $Pb(NO_3)_2$.

В группах 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:100) и 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:1000) в сравнении с 0,1М CuSO_4 содержание общего белка увеличилось на 96,7% и 83,7% соответственно. В группах с концентрацией CuSO_4 0,01 М и разведением ЭКДШ 1:10 и 1:100 количество общего белка увеличилось на 92% и 59% соответственно в сравнении с группой с заданной концентрацией, но без экстракта.

Таким образом, установлено увеличение содержания общего белка при добавлении к питательной среде экстракта куколок дубового шелкопряда относительно групп без экстракта.

Из табл. 4 видно, что статистически значимые отличия по содержанию ДНК и РНК в дрожжевых клетках при их культивировании выявлены в сравнении с контролем в группах: 1М CuSO_4 – уменьшение содержания ДНК на 70%, РНК – на 75,5%. 1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10) – уменьшение содержания ДНК на 66%, РНК – на 75%. 1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:100) – уменьшение содержания ДНК на 64,5%, РНК – на 74%. 1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:1000) – уменьшение содержания ДНК на 63%, РНК – на 74%. 1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10000) – уменьшение содержания ДНК на 62,6%, РНК – на 72,6%. 0,1М CuSO_4 – уменьшение содержания ДНК на 46%, РНК – на 54,5%. 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10) – уменьшение содержания ДНК на 43,7%, РНК – на 53,7%. 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10000) – уменьшение содержания ДНК на 42,3%, РНК – на 51%. Отмечены увеличения концентраций ДНК и РНК на 48% (по обоим показателям) в группе 0,01М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10) и на 40,7% и 39,7% в группе 0,01М CuSO_4 + ЭКДШ (1:100) соответственно для ДНК и РНК. Можно проследить, что количество ДНК и РНК в дрожжевых клетках с уменьшением концентрации CuSO_4 увеличивается, что еще раз доказывает негативное влияние солей тяжелых металлов на культуру дрожжевых клеток.

Из табл. 5 видно, что статистически значимые отличия по содержанию ДНК и РНК в дрожжевых клетках при влиянии солей тяжелых металлов ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) и применении ЭКДШ выявлены в сравнении с контролем в группах: 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – уменьшение содержания ДНК на 58,8%, РНК – на 71,5%. 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10) – уменьшение содержания ДНК на 58,4%, РНК – на 71,1%. 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:100) – уменьшение содержания ДНК на 55,5%, РНК – на 70,6%. 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:1000) – уменьшение содержания ДНК на 53,5%, РНК – на 69,9%. 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10000) – уменьшение содержания ДНК на 51,3%, РНК –

на 69,6%. 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ – уменьшение содержания ДНК на 39,7%, РНК – на 52,8%. 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10) – уменьшение содержания ДНК на 37%, РНК – на 51,4%. Отмечены увеличения концентраций ДНК и РНК в группе 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:100) соответственно на 73,6% и 117% в сравнении с такой же концентрацией нитрата свинца без экстракта. В группе 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:1000) показатели ДНК и РНК соответственно увеличились на 84,5% и 120% в сравнении с тем же показателем, что и в предыдущей группе. Количество ДНК и РНК в дрожжевых клетках с уменьшением концентрации раствора соли тяжелого металла $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и применении ЭКДШ увеличивается. Содержание общего белка в дрожжевых клетках в зависимости от степени влияния $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и ЭКДШ представлено в табл. 6.

Статистически значимые отличия по содержанию общего белка в дрожжевых клетках при их культивировании выявлены в сравнении с контролем в группах с 1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и различным разведением экстракта куколок дубового шелкопряда. В данной группе содержание общего белка незначительно различается между собой и в среднем отличается от контроля уменьшением на 67%. В группах 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и 0,1М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10) также оба показателя сходны и в среднем содержание белка относительно контроля уменьшилось на 51%. Увеличение содержания общего белка при добавлении ЭКДШ наблюдалось в группах с концентрацией $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1М и ЭКДШ в разведениях 1:100, 1:1000 и 1:10000 в сравнении с группой с этой же концентрацией соли тяжелого металла без экстракта. В среднем содержание общего белка увеличилось на 196%.

Таким образом, проанализировав полученные данные, установили, что содержание общего белка при добавлении к питательной среде экстракта куколок дубового шелкопряда увеличивается при концентрации солей тяжелых металлов 0,01М. Растворы с более высокой концентрацией подавляют рост дрожжевых клеток в культуральной среде.

Статистически значимые отличия протеолитической активности в дрожжевых клетках при их культивировании выявлены в сравнении с контролем в группах с 1М CuSO_4 и различным разведением экстракта куколок дубового шелкопряда. В данной группе протеолитическая активность в сравнении с контролем в среднем меньше на 40,63%. В группах 0,1М CuSO_4 и 0,1М CuSO_4 + ЭКДШ (1:10) также по сравнению с контролем протеолитическая активность уменьшилась на 29%.

Таблица 7

**Протеолитическая активность (Е/мг) дрожжевых клеток
при влиянии солей тяжелых металлов (CuSO₄) и применении ЭКДШ (M ± m)**

Группа (n=9)	Суммарная протеолитическая активность
Контроль	0,160±0,010
100 мкл 1М CuSO ₄	0,050±0,006 ^{1, 3, 4}
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,062±0,008 ^{1, 3, 4}
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,070±0,008 ^{1, 4}
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,083±0,004 ^{1, 4}
100 мкл 1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,053±0,005 ^{1, 3, 4}
100 мкл 0,1М CuSO ₄	0,100±0,009 ¹
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,132±0,010 ^{1, 2}
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,170±0,011 ^{2, 3}
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,160±0,008 ^{2, 3}
100 мкл 0,1М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,110±0,007 ^{1, 2}
100 мкл 0,01М CuSO ₄	0,150±0,009 ¹⁻³
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,140±0,006 ¹⁻³
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,200±0,015 ²⁻⁴
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,210±0,013 ²⁻⁴
100 мкл 0,01М CuSO ₄ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,170±0,010 ^{2, 3}

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с контрольной группой 1:10; ²P<0,05 по сравнению с группой 1М CuSO₄; ³P<0,05 по сравнению с группой 0,1М CuSO₄; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 0,1М CuSO₄.

Таблица 8

**Протеолитическая активность (Е/мг) дрожжевых клеток
при влиянии солей тяжелых металлов (Pb(NO₃)₂) и применении ЭКДШ (M ± m)**

Группа (n=9)	Суммарная протеолитическая активность
Контроль	0,14±0,010
100 мкл 1М Pb(NO ₃) ₂	0,04±0,003 ^{1, 2}
100 мкл 1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,05±0,004 ^{1, 2}
100 мкл 1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,05±0,002 ¹
100 мкл 1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,06±0,002 ¹
100 мкл 1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,04±0,003 ^{1, 2}
100 мкл 0,1М Pb(NO ₃) ₂	0,09±0,007 ^{1, 2}
100 мкл 0,1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,12±0,009 ^{1, 2}
100 мкл 0,1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,15±0,010 ^{2, 3}
100 мкл 0,1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,14±0,010 ^{2, 3}
100 мкл 0,1М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,13±0,011 ^{1, 2}
100 мкл 0,01М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10)	0,11±0,007 ¹⁻³
100 мкл 0,01М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:100)	0,17±0,010 ²⁻⁴
100 мкл 0,01М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:1000)	0,18±0,010 ²⁻⁴
100 мкл 0,01М Pb(NO ₃) ₂ + 100 мкл ЭКДШ (1:10000)	0,14±0,009 ^{2, 3}

Примечание: ¹P<0,05 по сравнению с контрольной группой; ²P<0,05 по сравнению с группой 1М Pb(NO₃)₂; ³P<0,05 по сравнению с группой 0,1М Pb(NO₃)₂; ⁴P<0,05 по сравнению с группой 0,1М Pb(NO₃)₂.

В группе 0,01M CuSO_4 без ЭКДШ по сравнению с 0,1M CuSO_4 без ЭКДШ протеолитическая активность увеличилась на 50%. Группы 0,01M CuSO_4 + ЭКДШ (1:100), 0,01M CuSO_4 + ЭКДШ (1:1000) и 0,01M CuSO_4 + ЭКДШ (1:10000) в сравнении с контролем являются статистически не значимыми (табл. 7).

Статистически значимые отличия протеолитической активности в дрожжевых клетках при их культивировании выявлены в сравнении с контролем в группах с 1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и различным разведением экстракта куколок дубового шелкопряда. В данной группе протеолитическая активность в сравнении с контролем в среднем меньше на 65%. В группах 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10) также по сравнению с контролем протеолитическая активность уменьшилась на 26%. В группе 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:1000) протеолитическая активность по сравнению с контролем не изменилась. В группе 0,01M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ без ЭКДШ по сравнению с 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ без ЭКДШ протеолитическая активность увеличилась на 33%. Группы 0,01M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:100), 0,01M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:1000) и 0,01M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:10000) в сравнении с контролем являются статистически не значимыми (табл. 8).

Заключение. В ходе исследования была установлена зависимость между концентрацией солей тяжелых металлов, количеством дрожжевых клеток и активностью обмена белков хлебопекарных дрожжей. Экстракт куколок дубового шелкопряда снижал неблагоприятное влияние солей тяжелых металлов на белковый обмен дрожжевых клеток.

Таким образом, соли тяжелых металлов CuSO_4 и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ оказывают негативное влияние на культуру дрожжевых клеток. При высоких концентрациях наблюдается гибель дрожжевых клеток в среде. Уменьшение пагубного воздействия на клетки отмечено с уменьшением концентрации 1M, 0,1M, 0,01M раствора. При использовании одного 1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ число дрожжевых клеток во всех группах в сравнении с контролем уменьшается в среднем на 63%, в то время как при влиянии на культуру дрожжевых клеток 1M раствором CuSO_4 их количество в сравнении с контролем уменьшается на 87%. В целом выявлено более пагубное воздействие на культуру дрожжевых клеток растворов CuSO_4 .

При воздействии на культуру солями тяжелых металлов в сочетании с ЭКДШ наблюдается рост числа дрожжевых клеток в сравнении с группами, где экстракт не применялся. В группах с 0,1M CuSO_4 и разведением ЭКДШ 1:100 и

1:1000 в сравнении с группой 0,1M CuSO_4 без экстракта количество клеток в культуральной среде увеличилось значительно, на 79% и 75% соответственно. В группе с разведением экстракта куколок дубового шелкопряда 1:100 и 1:1000 и концентрацией раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1M прослеживается незначительное увеличение (в сравнении с раствором соли тяжелого металла без ЭКДШ) количества клеток в культуральной среде на 9% и 14% соответственно.

При сравнении с раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,01M также во всех группах с ЭКДШ наблюдается увеличение количества клеток в культуре: 53% – при разведении 1:100 и 63,7% – при разведении 1:1000.

В группе с 0,01M CuSO_4 и разведением ЭКДШ 1:100 наблюдается увеличение количества клеток в сравнении с группой без экстракта на 40%, в группе с разведением ЭКДШ 1:1000 в сравнении с аналогичной группой количество клеток увеличивается на 54%. Можно заметить, что наиболее оптимальный рост клеток наблюдается при наименьшей концентрации растворов солей и разведении ЭКДШ в соотношении 1:10000. Полученные данные доказывают более пагубное воздействие раствора сульфата меди на культуру дрожжевых клеток.

Установлено увеличение содержания общего белка при добавлении к питательной среде экстракта куколок дубового шелкопряда относительно групп без экстракта. В группах 0,1M CuSO_4 + ЭКДШ (1:100) и 0,1M CuSO_4 + ЭКДШ (1:1000) в сравнении с 0,1M CuSO_4 содержание общего белка увеличилось на 96,7% и 83,7%. В группах с концентрацией CuSO_4 0,01M и разведением ЭКДШ 1:10 и 1:100 количество общего белка увеличилось на 92% и 59% соответственно в сравнении с группой с заданной концентрацией, но без экстракта. Количество ДНК и РНК в дрожжевых клетках с уменьшением концентрации раствора соли тяжелого металла и при применении ЭКДШ увеличивается, что подтверждается данными из табл. 4–5. При концентрации CuSO_4 1M содержание ДНК и РНК составляет 70% и 75,5% соответственно, а при воздействии 0,1M раствора CuSO_4 эти же показатели отличаются от контроля на 42% и 51%.

Отмечены увеличения концентраций ДНК и РНК в группе 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:100) соответственно на 73,6% и 117% в сравнении с такой же концентрацией нитрата свинца без экстракта. В группе 0,1M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + ЭКДШ (1:1000) показатели ДНК и РНК соответственно

увеличились на 84,5% и 120% в сравнении с тем же показателем, что и предыдущая группа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов, С.А. Биохимия дрожжей / С.А. Коновалов. – М., 1980. – 271 с.
2. Калюжин, В.А. Влияние концентрированных растворов солей тяжелых металлов на физиологические и кинетические показатели микроорганизмов дрожжей / В.А. Калюжин, О.В. Калюжина // Вестн. Томск. гос. ун-та. – 2007. – № 298. – С. 218–222.
3. Лозовая, О.Г. Токсичность свинца и его влияние на физиологическую активность дрожжей / О.Г. Лозовая // Современные проблемы токсикологии. – 2004. – № 2. – С. 214–217.
4. Jung Ho Suh. Process of Pb^{2+} accumulation in *Saccharomyces cerevisiae* / Jung Ho Suh // Biotechnology Letters. – 1998. – Vol. 2, № 2. – P. 153–156.
5. Адамс, Р. Методы культуры клеток для биохимиков / Р. Адамс. – М.: Мир, 1983. – 289 с.
6. Чиркин, А.А. Антиоксидантная активность куколок китайского дубового шелкопряда / А.А. Чиркин [и др.] // Ученые записки УО «ВГУ им. П.М. Машерова». – 2007. – Т. 6. – С. 247–265.
7. Кузнецов, В.А. Культура клеток / В.А. Кузнецов, Л.А. Селезнева. – М.: Наука, 1997. – 203 с.
8. Lowry, O.H. Protein measurement with Folin phenol reagent / O.H. Lowry // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265–275.
9. Blober, G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, nonsedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid / G. Blober, V.R. Potter // Biochem. Biophys. Acta. – 1968. – Vol. 166. – P. 48–54.
10. Babich O.O., Sukhikh S.A., Soldatova L.S. Vestnik VSGTU [Newsletter of VSGTU], 2011, 3, p. 19.

10. Babich O.O. Оптимизация процесса культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / О.О. Бабич, С.А. Сухих, Л.С. Солдатова // Вестн. ВСГТУ. – 2011. – № 3. – С. 19.

REFERENCES

1. Konovalov S.A. *Biokhimiya drozhei* [Biochemistry of Yeast], M., 1980, 271 p.
2. Kalyuzhin V.A., Kalyuzhina O.V. *Biologicheskiye nauki* [Biological Sciences], 2006, pp. 218–221.
3. Lozovaya O.G. *Sovremennye problemi toksikologii* [Modern Issues of Toxicology], 2004, 2, pp. 214–217.
4. Jung Ho Suh. Process of Pb^{2+} accumulation in *Saccharomyces cerevisiae* // Biotechnology Letters. – 1998. – Vol 2, № 2. – P. 153–156.
5. Adams R. *Metodi kulturi kletok dlia biokhimikov* [Cell Culture Methods for Biochemistry], M., Mir, 1983, 289 p.
6. Chirkin A.A. *Ucheniye zapiski Vit. gos. un-ta* [Scientific Notes of Vitebsk State University], 2007, 6, pp. 247–265.
7. Kuznetsov V.A., Selezneva L.A. *Kultura kletok* [Cell Culture], M., Nauka, 1997, 203 p.
8. Lowry, O.H. Protein measurement with Folin phenol reagent / J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265–275.
9. Blober и Potter Blober, G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, nonsedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid / G. Blober, V.R. Potter // Biochem. Biophys. Acta. – 1968. – Vol. 166. – P. 48–54.
10. Babich O.O., Sukhikh S.A., Soldatova L.S. *Vestnik VSGTU* [Newsletter of VSGTU], 2011, 3, p. 19.

Поступила в редакцию 27.06.2016

Адрес для корреспонденции: e-mail: olgabal.tih@gmail.com – Балаева-Тихомирова О.М.