

there was a significant thermal load, the air temperature was higher than at the other workplaces but it did not exceed the maximum permissible rate of 28 °C during the warm period. It should be noted that the dairy processing facilities met the technological requirement for maintaining temperatures above 20 °C. At some workplaces, the humidity measured was higher than the optimal humidity, but the values of this parameter did not exceed the limit values (30...75) % during the warm period. It reached around 93 % in the white cheese production department after cheese pan steaming and in the thermoplastification section of the yellow cheese production department. However, these processes in cheese manufacture are very short and the work organization in the enterprises studied requires workers to take a break after these operations. The risk assessment showed that in terms of microclimate in the enterprises studied, workers were at tolerable risk, whereas in the pasteurization unit they were at justified risk. Therefore, no additional health protection measures were required.

### Conclusions

The main working environment parameters such as noise, microclimate and lighting were investigated for two Bulgarian medium small and medium dairy processing enterprises. The results obtained showed that in the enterprises studied, healthy and safe work environment was ensured which met the established norms in Bulgaria. Workplaces with unjustified and inadmissible risk were determined for which compulsory health protective measures would have to be applied. Results obtained for the production halls of medium enterprises can be used for such small enterprises. A simple and flexible method was presented for assessing the risk for workers in the food industry, dairy processing in particular, which can be applied by small and medium enterprises. This method can be used as an alternative to help firms carry out risk assessment at work in conformity with employers' legal obligation under Bulgarian legislation, as well as enhance business management efficiency.

### REFERENCES

1. Environmental, Health and Safety Guidelines for Dairy Processing. IFC, World Bank Group, 2007, [www.ifc.org](http://www.ifc.org).
2. European Commission. Guidance on Risk Assessment at Work. - Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.
3. Stoyanova D. Current Problems in the Implementation of the Requirements of Health and Safety at Work in the Food Industry. - Sofia: „General Labor Inspection”, 2008 (In Bulgarian).
4. Taneva D., Prokopov Ts., Hadjinkina M., Ivanova Sv. (2008). Model of Risk Assessment in Milk Industry. Proceedings of Seventh National Scientific Conference with International Participation “Ecology and Health”. - Plovdiv: Agrarian University Academic Press, 2008, 411-416 (In Bulgarian).
5. Tasev G., Tsenev I., Shirkova I., Popov Ts. Risk Assessment and Management of Workplace and Environment. - Sofia: „Praktika – O.K.” Ltd., 2007 (In Bulgarian).
6. Harms-Ringdahl L. Safety Analysis. Principles and Practice in Occupational Safety. Second edition. - N.Y.: Taylor&Francis Inc., 2001.
7. Reinhold K. Workplace Assessment Determination of Hazards Profile Using a Flexible Risk Assessment Method. PhD Thesis. - Tallinn: Tallinn University of Technology Press, 2009.
8. Reinhold K., Jarvis M., Tint P. Risk Observatory – A Tool for Improving Safety and Health at the Workplace. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 15, No. 1, 2009, 101-112.

Отримано редакцією .08.2013 р.

УДК 664.87

**РУБАНКА Е.В., канд. техн. наук, доцент,  
ТЕРЛЕЦКАЯ В.А., канд. техн. наук, доцент, ЗИНЧЕНКО И.Н.**  
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Рассмотрены актуальные вопросы экологической чистоты растительного сырья, а также влияние тяжелых металлов на организм человека. Исследовано содержание тяжелых металлов в ягодах, корнях и корневищах некоторых растений. Полученные экспериментальные данные сопоставлены с нормативной документацией. Проанализирован переход токсичных элементов во время экстракции при оптимальных условиях экстрагирования.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, токсичность, экстракция, растительное сырье.

The pressing questions of ecological cleanness of digester, and also influence of heavy metals, are considered on the organism of man. Maintenance of heavy metals is investigational in berries, roots and rhizomes of some plants. The experimental findings are confronted with a normative document. The transition of toxic elements is analysed during extraction at the optimum terms of extracting.

**Keywords:** heavy metals, toxicness, extraction, digester.

Производство растительных экстрактов – приоритетное направление переработки пищевого растительного сырья для его использования в технологии пищевых продуктов общего и специального назначения [1]. Поскольку растения относят к одним из наиболее доступных источников биологически активных веществ, которые способны оказывать на организм человека защитное и оздоровительное действие. Включение в рецептуру продуктов растительного сырья с определенными лечебно-профилактическими свойствами позволяет снижать и даже полностью избежать внесения синтетических пищевых добавок – красителей, ароматизаторов, консервантов. Это особенно важно при разработке продуктов специального назначения, в том

числе для детского и лечебного питания [2]. Однако использование многих ценных дикорастущих и культивируемых источников биологически активных веществ может быть затруднено или ограничено вследствие их способности накапливать токсичные металлы в местах их естественного произрастания или выращивания [3].

По мнению многих учёных, именно растения являются основным звеном экологической цепочки, связывающей все объекты биосферы. Поглощенные растениями различного рода токсичных элементов, в том числе тяжёлых металлов – наиболее опасно. Употребление растений, собранных на загрязнённых территориях, может угрожать здоровью населения, негативно влияя на работу внутренних органов и физиологические процессы, протекающие в них. Из растительного сырья тяжёлые металлы переходят в пищу, а затем поступают в организм человека [4]. Поэтому исследование экологической чистоты растительного сырья и экстрактов на их основе является актуальным.

Тяжёлые металлы – ртуть, свинец, цинк и др. с большой атомарной массой, антропогенное рассеивание которых имеет место в природной среде, способно приводить к отравлению живого. Многочисленными экспериментами показано, что в процессе приготовления отваров или настоев в водный раствор, может переходить в некоторых случаях от 50 до 90% тяжелых металлов, имеющихся в исходном растительном сырье. Такой отвар может представлять реальную угрозу процессу жизнедеятельности организма человека [3]. Поэтому целью данной работы является исследование перехода тяжелых металлов в воду при оптимальных условиях экстракции.

Отметим, что накопление ртути в организме приводит к повреждению нервных клеток. У человека проявляются такие симптомы как резкая смена настроения (от крайней степени возбуждения до полной апатии), дрожь в руках. Канцерогенные металлы: мышьяк и кадмий — могут десятилетиями накапливаться в организме и в конечном итоге привести к возникновению онкологических заболеваний.

Самый распространённый в воздухе, почве и пищевых продуктах свинец, накапливаясь в организме человека, способен служить катализатором развития рака. Сам он онкологию не вызывает, зато во сто крат усиливает действие канцерогенных соединений. Накопление свинца в организме крайне негативно влияют на детскую нервную систему: ребёнок становится агрессивным, неуправляемым, быстро утомляется и отстаёт в интеллектуальном развитии [3].

Во время выбора растений руководствовались их доступностью и распространением. Для приготовления экстрактов использовали плоды рябины черноплодной, шиповника и клюквы, корни имбиря и солодки.

Плоды шиповника, клюквы и рябины черноплодной содержат широкий спектр биологически

активных веществ, позволяющих использовать их в качестве витаминного, общеукрепляющего, противовоспалительного средства.

Сапонины солодки раздражают слизистые оболочки, усиливая секрецию железистого аппарата, в связи, с чем солодка входит в состав отхаркивающих, слабительных и мочегонных средств [5].

Корень имбиря – хорошее тонизирующее средство, укрепляет иммунитет, успокаивает нервную систему, повышает остроту ума и зрения, улучшает память и концентрацию внимания [5].

Определение содержания свинца, кадмия, меди и цинка проводили в золе исходного сырья и в их экстрактах атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Semy C-115 M 1 (Украина); ртуть – методом холодного пара с помощью спектрофотометра ГРГ -107 Кортэк; мышьяк с помощью атомно – абсорбционного спектрофотометра с термической атомизацией Varian Spectr AA 240 Z (Австралия) по методике, изложенной в ГОСТ 26929-86 Сырьё и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов [6].

Экстракцию плодов рябины черноплодной, шиповника, клюквы, корней имбиря и солодки проводили настаиванием в воде при температуре  $90 \pm 3^\circ\text{C}$ , продолжительность экстракции – 2,5 ч, гидромодуль 1:15, размер измельченного сырья 1-2 мм.

Так как на территории Украины отсутствует общая статья по допустимой концентрации тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье, мы брали за основу медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, утверждённых МОЗ Украины [7].

Порог допустимой концентрации (ПДК) тяжелых металлов для продовольственного сырья и экстрактов представлены в табл.1.

**Таблица 1**  
**ПДК тяжелых металлов в продовольственном сырье**

Элемент	Наименование сырья		
	Ягоды	Настои	Другие продукты
Hg, мг/кг	0,02	0,005	0,02
Pb, мг/кг	0,4	0,3	1,0
Cu, мг/кг	5,0	3,0	25,0
Zn, мг/кг	10,0	10,0	50,0
Cd, мкг/кг	0,03	0,03	0,05
As, мкг/кг	0,02	0,1	1,0

Накопление тяжелых металлов в растениях – нежелательный процесс, так как в пищевой промышленности применяется значительное количество трав, ягод и др. используемых для приема внутрь. В случае значительного содержания какого-то тяжелого металла в том или ином растении, в процессе приготовления настоя большая часть его может переходить в водную фазу и тем самым попадать и отравлять организм человека.

Для получения объективных данных о качестве сырья по показателям безопасности и возможно-

сти использования данного сырья в производстве экстрактов, нами исследовано содержание токсичных элементов в растительном сырье. Данные исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов  
в растительном сырье**

Название	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Cd, мк/кг	As, мк/кг·10 <sup>-3</sup>
Шиповник	0,0036	0,5652	0,2113	2,1511	0,0056	0,0122
Рябина черноплодная	0,0042	0,3936	0,7305	2,1345	0,0330	0,0000
Клюква	0,0039	0,1770	0,4243	1,7780	0,0105	0,0038
Солодка	0,0027	0,6830	0,2778	2,4861	0,0011	0,0226
Имбирь	0,0034	0,2826	0,2515	3,0152	0,0130	0,0000

Результаты исследований свидетельствуют о том, что содержание свинца в плодах шиповника превышает ПДК на 41 %, содержание кадмия в плодах рябины черноплодной превышает ПДК на 48 %, а клюквы – на 24 %. То есть данные продукты превышают ПДК по содержанию тяжелых металлов и не могут быть использованы как пищевой продукт, в связи с возможностью отравления организма токсичными элементами. Значения содержания тяжелых металлов в корнях солодки и имбире находятся в допустимых границах. Данные продукты являются безопасными с точки зрения токсичности и могут быть использованы в последующих исследованиях.

Во время экстракции растительного сырья происходит вымывание различных веществ из разрушенных клеток и возможен переход тяжелых металлов в экстракт. Однако происходит частичный переход элементов, что может обезопасить настой, приготовленный из сырья ПДК которого превышает норму. Исходя из этого, приготовление настоев проводили из всех видов сырья. Данные исследований представлены в табл. 3.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Вековцев, А.А. Производство сухих растительных экстрактов и оценка их качества [Текст] / А.А. Вековцев, А.Н. Австриевских, Е.О. Ермолаева, В.М. Позняковский // Пиво и напитки. - 2005. - № 1. - с. 42-43.
2. Куликова В.Н. Имбирь – универсальный домашний доктор [Текст] / В.Н. Куликова. – М.: РИПОЛ классик, 2011. – 64 с.
3. Ефремов, А.А. Влияние экологических факторов на химический состав некоторых дикорастущих растений красноярского края [Текст] / А.А. Ефремов, Н.В. Шаталина, Е.Н. Стрижева, Г.Г. Первышина // Химия растительного сырья. – 2002. – № 3. – С. 53 – 56.
4. Государственная фармакопея СССР // Москва. Медицина. 1968. – 1080 с.
5. Мазнев, Н.И. Энциклопедия лекарственных растений [Текст] / Н.И. Мазнев 3-е изд., испр. и доп. – М.: Мартин. 2004. – 496 с.
6. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929-94. – [введ. в действие с 1.01.1996]. – Минск.: межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2010. – 13 с.
7. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов (Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів), затверджені Міністерством охорони здоров'я 01.08.89, № 5061 і доповнення від 19.08.91, № 12212/805
8. Шагина, Е.В. Новый подход к решению проблемы получения функциональных напитков антиоксидантного действия [Текст] / Е.В. Шагина, Л.А. Маюрникова, Г.А. Гореликова и др. // Пиво и напитки. – 2007. – № 4. – с. 17-19.

Отримано редакцію 08.2013 р.

Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов в экстрактах  
из растительного сырья**

Название	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Cd, мк/кг	As, мк/кг·10 <sup>-3</sup>
Экстракт шиповника	0,0026	0,2235	0,1481	1,2789	0,0017	0,0030
Экстракт рябины черноплодной	0,0035	0,2020	0,1151	1,7244	0,0110	0,0000
Экстракт клюквы	0,0024	0,0739	0,2014	1,1330	0,0092	0,0010
Экстракт корня солодки	0,0026	0,2497	0,9376	0,4024	0,0009	0,0084
Экстракт корня имбиря	0,0029	0,2192	0,1896	0,7384	0,0016	0,0000

Анализ данных свидетельствует о том, что ПДК экстрактов на основе растительного сырья находятся в допустимых пределах. Количество тяжелых металлов, которое перешло в экстракт, составило от 15 до 96 %. Так, максимальный переход зафиксирован у ртути (от 60 % до 96 %), а минимальный переход – у мышьяка (от 24 до 37 %). Зависимость перехода тяжелых металлов от вида растения не наблюдается. Расположение металлов в ряду по степени убывания во всех исследуемых растениях – Zn > Pb, Cu > Hg > Cd > As. Однако данные результатов свидетельствуют о том, что повышения ПДК тяжелых металлов исходного сырья может привести к загрязнению экстрактов на их основе. Поэтому необходимо установить ПДК тяжелых металлов для сырья, использованного в приготовлении экстрактов из растительного сырья учитывая ПДК настоев.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что исследованные экстракты растительного сырья на примере плодов и корней дикорастущих и культивируемых растений являются безопасными для употребления в пищу с точки зрения токсичности.