

УДК 635.74:579.678
AGRIS Q02

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/26>

**ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОННОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСЕМЕНЕННОСТЬ
И АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ КАКАО-ПОРОШКА**

©*Саруханов А. В.*, ORCID: 0000-0001-6617-5143, Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия, mrrino2008@mail.ru

©*Морозова А. И.*, ORCID: 0000-0002-1191-4970, Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия, anastasiya87-03@yandex.ru

©*Васильева Н. А.*, ORCID: 0000-0002-5287-0740, канд. биол. наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии,
г. Обнинск, Россия, cornblum@mail.ru

©*Крыленкин Д. В.*, ORCID: 0000-0002-5093-590X, Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия, cornblum@mail.ru

**EFFECT OF VARYING INTENSITY OF IONIZING γ - AND ELECTRONIC RADIATION
ON THE MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF
COCOA POWDER**

©*Sarukhanov A.*, ORCID: 0000-0001-6617-5143, Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia, mrrino2008@mail.ru

©*Morozova A.*, ORCID: 0000-0002-1191-4970, Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia, anastasiya87-03@yandex.ru

©*Vasilyeva N.*, ORCID: 0000-0002-5287-0740, PhD, Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia, cornblum@mail.ru

©*Krylenkin D.*, ORCID: 0000-0002-5093-590X, Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia, cornblum@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние облучения какао-порошка разными типами ионизирующего излучения (γ -излучение и ускоренные электроны) на количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), дрожжей и плесневых грибов. Дозы 12 кГр достаточно для снижения содержания плесневых грибов и КМАФАнМ в какао порошке до уровней ниже требуемых СанПиН 2.3.2.1078-01. На основе оценки активности флавоноидов в облученных и исходных пробах какао-порошка спектрофотометрическим методом сделан вывод о влиянии ионизирующего излучения на его антиоксидантную активность. Исследование показало возможность использования ионизирующего излучения для снижения микробной нагрузки на какао-порошок без потери полезных качеств.

Abstract. The effect of cocoa powder exposure to irradiation by various types of ionizing radiation on the amount of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, yeast and molds was studied. Doses of 12 kGy is found to be enough for reducing amount of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, yeast and molds below normative documents' limits. The activity of flavonoids in irradiated and control samples of cocoa powder was also evaluated via spectrophotometric analysis. A conclusion about the possibility of implementing

ionizing radiation for reducing amount of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, yeast and molds in cocoa powder without the loss of quality was made.

Ключевые слова: спектрофотометрический анализ, ионизирующее излучение, антиоксиданты, флавоноиды, какао-порошок.

Keywords: spectrophotometric analysis, ionizing radiation, antioxidants, flavonoids, cocoa powder.

Введение

Не смотря на то, что в последнее время использование ионизирующего излучения для обработки продуктов питания значительно возросло, количество статей посвященных влиянию различных доз на изменения в структурных, физических, химических или биохимических свойствах обработанных облучением продуктов крайне ограничено. [1] Поэтому исследование воздействия данной обработки на широко распространенные пищевые продукты является актуальной задачей. Одним из широко употребляемых в пищевой промышленности продуктов является какао-порошок. Он применяется как вкусовая и ароматическая добавка в кондитерской, молочной и косметической отраслях. Его производят из побочного продукта отжима масла из какао бобов — жмыха. В зависимости от конечного содержания масла в порошке различают жирное какао, полужирное и обезжиренное какао (меньше 14% масла). Процесс производства обезжиренного порошка из какао бобов аналогичен многостадийной схеме изготовления обычного какао-порошка. Единственной особенностью служит контроль остаточного количества масла на стадии отжима. Его сохраняют на отметке до 0,14 массовой доли продукта. После чего, обезжиренный жмых какао бобов высушивают около семи суток и тщательно измельчают на специальных мельницах. В конце получают обезжиренный какао-порошок, который фасуют в водонепроницаемую тару разного объема.

Таким образом, при технологическом процессе производства обезжиренного какао-порошка какао бобы подвергаются различным физическим и механическим воздействиям, при каждом из которых происходит дополнительное обсеменение микроорганизмами. Использование ионизирующего излучения для стерилизации конечного продукта является наиболее эффективным, так как позволяет сохранить все полезные свойства и органолептические характеристики [2, 3].

Обезжиренный какао-порошок обычно используется при изготовлении глазурей, кондитерских изделий, составляющие которых не совместимы с какао маслом. Его добавление в рецептуру дает возможность придать шоколадный аромат и вкус кондитерской продукции, и без опасения употреблять ее людям с ослабленным иммунитетом.

Натуральный порошок какао содержит большое количество биологически активных веществ, таких как витамины В1, В6, В9, Е, РР, а также дофамин и теобромин, оказывающие благотворное влияние на организм человека. Также в какао-порошке содержится ряд минеральных веществ, а именно, калий, кальций, магний и фосфор. Другим не менее важным свойством какао является наличие большого количества антиоксидантов. Тема свободных радикалов и реакционноспособных кислородсодержащих частиц по-прежнему привлекает повышенное внимание со стороны научного сообщества и все в больше заинтересовывает широкую общественность. Пища, которую мы потребляем, и состояние окружающей среды существенно влияют на биологическое производство свободных радикалов. Антиоксиданты играют важную роль в регуляции протекания свободно-

радикальных превращений в организме, существенно влияя на его состояние, поэтому антиоксиданты и исследование антиокислительных свойств соединений в последнее время получили широкое распространение [4].

Одними из важных компонентов антиоксидантной системы клетки являются Флавоноиды. Это соединения растительного происхождения, которые относятся к классу полифенолов. Они принимают участие во множестве ключевых процессов роста и развития растений. Одним из этих ключевых процессов является защита растения от различных неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как действие ультрафиолета, повышенные концентрации тяжелых металлов, температурный стресс, защита от различных инфекций и паразитов. Еще одна значимая функция флавоноидов — это участие их в защите растений от окислительного стресса, благодаря выраженной антиоксидантной активности [5].

В связи с важностью роли антиоксидантов в защите организма от действия свободных радикалов целесообразным является вопрос сохранения флавоноидов в облученных продуктах питания. Целью исследования было изучение влияния различных типов ионизирующего излучения на содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), плесневых грибов и дрожжей в какао-порошке и оценка влияния облучения какао-порошка на антиоксидантную активность.

Материалы и методы

В ходе исследования какао-порошок подвергали действию ионизирующего излучения на γ -установке ГУР-120 Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии и на электронном ускорителе УЭЛР–10-15-С-60-1 ООО «Теклеор», дозами 4 кГр; 6 кГр; 8 кГр; 10 кГр; 12 кГр. Режимы облучения представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

РЕЖИМЫ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

Источник	γ -1	γ -2	e-1	e-2
Характеристики	1850 кГр/ч	300 кГр/ч	12 кВт	6 кВт

Микробиологический контроль образцов какао-порошка осуществляли до облучения и сразу после облучения. Посевы культивировали в течение 48 ч при 30°C, после чего производили подсчет всех видимых колоний.

Экстракцию флавоноидов осуществляли при помощи 70% спирта в течение 2 часов в термостате при 60°C. В качестве комплексообразователя был выбран раствор $AlCl_3$. Для построения калибровочного графика использовали стандартный раствор кверцетина.

После экстракции по отработанной ранее методике [6] концентрацию флавоноидов в какао-порошке определяли по уравнению $C = D/0,05$ полученному при помощи регрессионного анализа калибровочного графика по кверцетину; после чего пересчитывали относительное содержание флавоноидов в облученной пробе по массе. Для пересчета использовали следующее уравнение:

$$W(\%) = \frac{C_1 * V_1 * V_2 * 100}{m_1 * V_3 * 10^6},$$

где $W(\%)$ — относительное содержание кверцетина в мкг/мл, V_1 — общий объем экстракта, V_2 — объем разведения, V_3 — объем экстракта, взятый для анализа, m_1 — масса экстракта, взятого для анализа, 10^6 — пересчет мкг в г и 100 пересчет долей в %.

Результаты и обсуждения

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью программы Microsoft Excel. Ошибка среднего не превышала 8%.

На Рисунке 1 представлены кривые дозовой зависимости значений КМАФАнМ при двух разных типах ионизирующего излучения. В случае электронного облучения видно, что с увеличением дозы микробиологическая обсемененность какао-порошка снижалась, и при дозе 12 кГр происходила полная стерилизация продукта. В варианте с гамма-излучением полной инактивации микроорганизмов не наблюдалось, но, как показывает график, оба облученных продукта, тем не менее, соответствуют нормам СанПиН 2.3.2.1078-01.

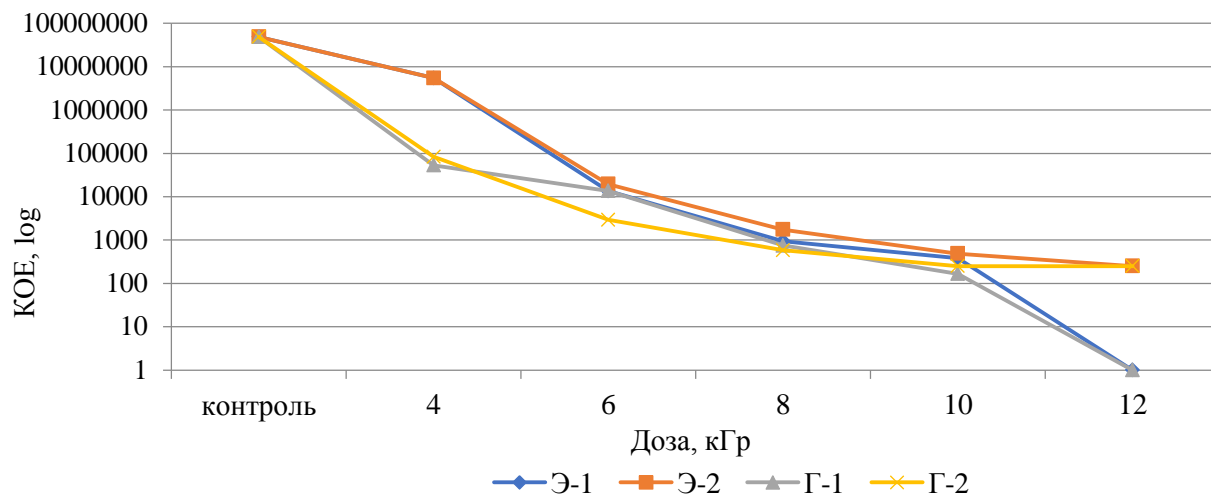


Рисунок 1. Влияние ионизирующего излучения на количество КМАФАнМ в какао-порошке

На Рисунке 2 представлены результаты по влиянию тех же типов облучения на количество плесневых грибов. В этом случае гамма-излучение оказалось более эффективным по сравнению с электронным. В целом из диаграммы видно, что дозы порядка 6 кГр достаточно для достижения значений, отвечающих санитарным нормам.

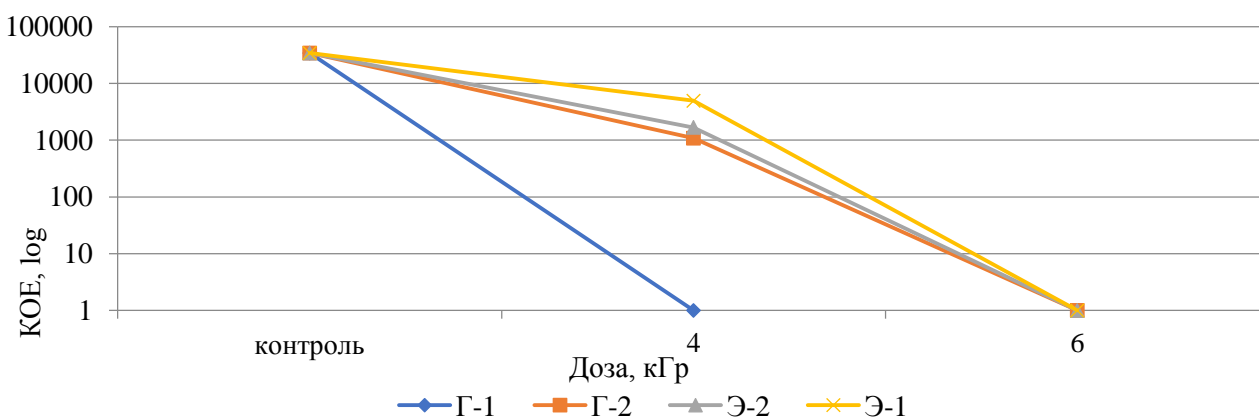


Рисунок 2. Влияние ионизирующего излучения на количество плесневых грибов в какао-порошке

Исследование показало, что облучение не оказало существенного влияния на содержание флавоноидов в какао-порошке (Рисунок 3). В случае с гамма-излучением с увеличением дозы наблюдается даже небольшое увеличение процентного содержания флавоноидов в пробах. Основываясь на литературных данных по влиянию облучения на

антиоксидантную активность различных специй, овощей и фруктов облучение не приводит к значительному снижению данного показателя [7]. В то же время есть работы, в которых наблюдается картина, аналогичная полученной нами при гамма-облучении, т.е. усиление активности антиоксидантов в облученных пробах [8].

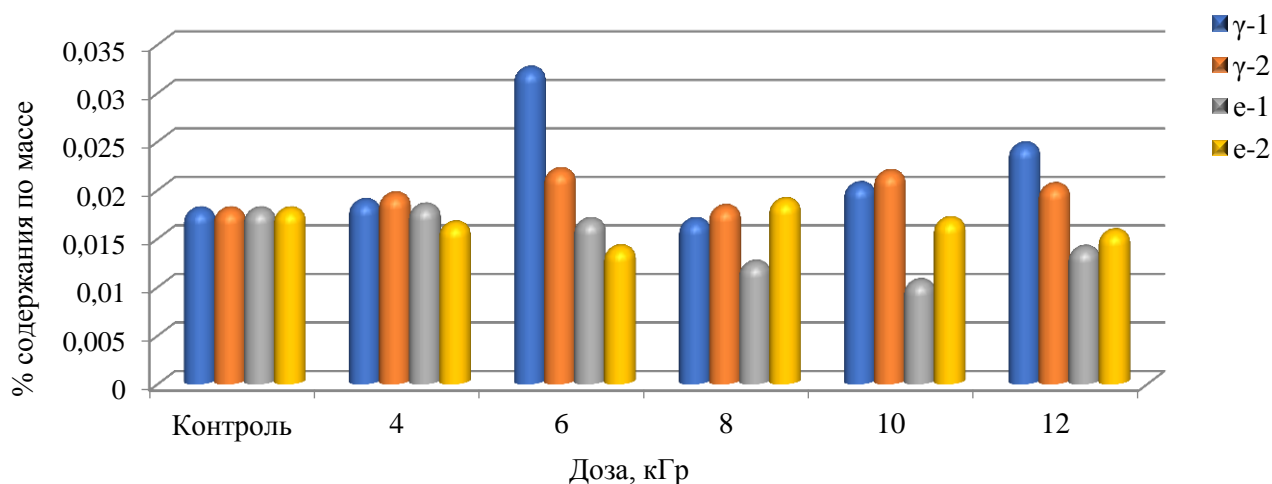


Рисунок 3. Влияние гамма и электронного излучения на содержание флаваноидов в какао-порошке

Заключение

Таким образом, результаты данного исследования показывают возможность применения ионизирующего гамма и электронного облучения для снижения микробной нагрузки какао-порошка, что приводит его в соответствие с нормами СанПиНа и увеличивает сроки его хранения, при этом сохраняя его органолептические и антиоксидантные качества.

Список литературы:

1. Polovka M., Brezová V., Šimko P. EPR spectroscopy II: A tool to characterize the gamma irradiated foods // Journal of Food and Nutrition Research. 2007.
2. Пименов Е. П., Павлов А. Н., Васильева Н. А., Морозова А. И. Изменение численности микроорганизмов в какао-порошке при гамма облучении и последующем хранении // Мир современной науки. 2018. №1. С. 8-10.
3. Полякова С. П., Скокан Л. Е., Аксенова Л. М. Идентификация микробиоты кондитерских изделий с добавлением какао-продуктов и влияние микроорганизмов на органолептические характеристики продукции // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2015. №6. С. 66-68.
4. Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 63-75.
5. Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchrobook. 2013. 310 с.
6. Саруханов А. В., Морозова А. И., Васильева Н. А., Крыленкин Д. В. Определение содержания флавоноидов в облученных образцах посредством спектрофотометрического анализа // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №10. С. 32-39. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/47/04>
7. Suhaj M., Ráková J., Polovka M., Brezová V. Effect of gamma-irradiation on antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.) // Food Chemistry. 2006. №97. P. 696–704.

8. Polovka M., Brezová V., Šimko P. EPR spectroscopy II: A tool to characterize the gamma irradiated foods // *Journal of Food and Nutrition Research*. 2007.

References:

1. Polovka, M., Brezová, V., Šimko, P. (2007). EPR spectroscopy II: A tool to characterize the gamma irradiated foods. *Journal of Food and Nutrition Research*.
2. Pimenov, E. P., Pavlov, A. N., Vasil'eva, N. A., & Morozova, A. I. (2018). Изменение численности микроорганизмов в какао-порошке при гамма облучении и последующем хранении. *Mir sovremennoi nauki*, (1). 8-10. (in Russian).
3. Polyakova, S. P., Skokan, L. E., & Aksenova, L. M. (2015). Identifikaciya mikrobioty konditerskih izdelii s dobavleniem kakao-produktov i vliyanie mikroorganizmov na organolepticheskie harakteristiki produkcii. *Vestnik Rossiiskoi sel'skohozyaistvennoi nauki*, (6). 66-68. (in Russian).
4. Hasanov, V. V., Ryjova, G. L., & Mal'ceva, E. V. (2004). Metody issledovaniya antioksidantov. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, (3). 63-75. (in Russian).
5. Tarakhovskii, Yu. S., Kim, Yu. A., Abdrasilov, B. S., & Muzafarov, E. N. (2013). Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina. Pushchino. (in Russian).
6. Sarukhanov, A., Morozova, A., Vasilyeva, N., & Krylenkin, D. (2019). Flavonoid's Content Determination in Irradiated Samples via Spectrophotometric Analysis. *Bulletin of Science and Practice*, 5(10), 32-39. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/47/04> (in Russian).
7. Suhaj, M., Rácová, J., Polovka, M., & Brezová, V. (2006). Effect of gamma-irradiation on antioxidant activity of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Food Chemistry*, (97). 696–704.
8. Polovka, M., Brezová, V., & Šimko, P. (2007). EPR spectroscopy II: A tool to characterize the gamma irradiated foods. *Journal of Food and Nutrition Research*.

*Работа поступила
в редакцию 20.10.2019 г.*

*Принята к публикации
25.10.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Саруханов А. В., Морозова А. И., Васильева Н. А., Крыленкин Д. В. Влияние ионизирующего электронного и гамма-излучения разной интенсивности на микробиологическую обсемененность и антиоксидантную активность какао-порошка // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т. 5. №11. С. 236-241. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/26>

Cite as (APA):

Sarukhanov, A., Morozova, A., Vasilyeva, N., & Krylenkin, D. (2019). Effect of Varying Intensity of Ionizing γ - and Electronic Radiation on the Microbiological Contamination and Antioxidant Activity of Cocoa Powder. *Bulletin of Science and Practice*, 5(11), 236-241. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/26> (in Russian).