

УДК 582.683.2:641.1

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА RAPHANUS SATIVUS L.

Бильтрикова Т.В., Битуева Э.Б.

*ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»,
Улан-Удэ, e-mail: biltrikova88@mail.ru*

В овощах семейства крестоцветных (Cruciferae) содержатся глюкозинолаты – вещества, являющиеся предшественниками биологически активных веществ – индольных соединений и изотиоцианатов. В последние годы широко изучается влияние изотиоцианатов и индольных соединений на лечение и профилактику раковых заболеваний. В работе исследовано содержание изотиоцианатов и индольных соединений в редьке черной (*Raphanus Sativus L.*), которое составило 133,87 и 35,91 мг в 100 г продукта соответственно. Также установлено содержание в редьке фенольных соединений, которые обладают антиоксидантной активностью, их содержание составило 3,74 мг в 100 г. Изучено содержание пищевых волокон – клетчатки, пектиновых веществ (нерастворимых и растворимых). Можно сделать вывод, что *Raphanus Sativus L.* является источником биологически активных веществ, антиоксидантов и пищевых волокон, что позволяет считать ее продуктом профилактического питания.

Ключевые слова: редька черная (*Raphanus Sativus L.*), биологически активные вещества, изотиоцианаты, индольные соединения, фенольные соединения, пищевые волокна

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES RAPHANUS SATIVUS L.

Biltrikova T.V., Bitueva E.B.

East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, e-mail: biltrikova88@mail.ru

Biologically active substances - this essential food components (vitamins, minerals and minor food components), which have biological effects on the human body. In cruciferous vegetables (Cruciferae) contains glucosinolates – substances which are precursors of biologically active substances – indole compounds and isothiocyanates. In recent years, has been extensively studied the effect of isothiocyanates and indole compounds for the treatment and prevention of cancer. We have investigated the content of isothiocyanates and indole compounds in black radish (*Raphanus Sativus L.*), which amounted to 133,87 and 35,91 mg per 100 g, respectively. Also found in radish content of phenolic compounds which possess antioxidant activity, their content was 3.74 mg per 100 g. Studied the content of dietary fiber - fiber, pectins (soluble and insoluble). It can be concluded that a *Raphanus Sativus L.* source of biologically active substances, antioxidants, dietary fibers and that it allows to consider preventive food product.

Keywords: black radish (*Raphanus Sativus L.*), biologically active substance isothiocyanates, indole compounds, phenolic compounds, dietary fiber

Пища является одним из основных факторов внешней среды, определяющих здоровье человека, нормальный рост и развитие, физическую и умственную работоспособность, продолжительность жизни, сопротивляемость организма к инфекциям и вредным факторам окружающей среды. В состав пищевых продуктов входят не только макро- и микронутриенты, но и биологически активные вещества.

Биологически активные вещества – это эссенциальные компоненты пищи (витамины, минеральные вещества и минорные компоненты пищи), оказывающие биологическое действие на организм человека, они не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей. Биологической активностью обладают вещества различной природы. Некоторые представители данных веществ содержатся в овощах семейства крестоцветных (Brassicaceae).

К семейству крестоцветных (Cruciferae) относятся брокколи, брюссельская, белокочанная и цветная капуста, хрен, редис, редька, репа и другие овощи. Как и все овощи, крестоцветные содержат в своем составе углеводы, витамины и минеральные веще-

ства, но их химический состав является уникальным, благодаря высокому содержанию серосодержащих веществ – глюкозинолатов, которые обуславливают специфический запах и острый вкус крестоцветных [8].

Содержание глюкозинолатов в крестоцветных колеблется от 50 до 390 мг/100 г продукта (табл. 1).

Таблица 1

Содержание глюкозинолатов в некоторых овощах семейства Brassicaceae [7]

Сырье	Содержание глюкозинолатов, мг в 100 г продукта*
Брюссельская капуста	240
Брокколи	60
Кресс-салат	390
Кольраби	50
Репа	90

Примечание. *-J.Nigdon, 2005 г.

В овощах глюкозинолаты являются химически и термически стабильными, но при нарушении компартмента клетки происходит их гидролиз под действием фермента

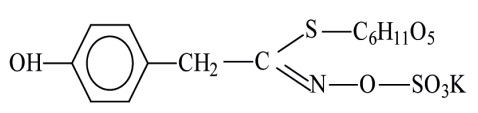
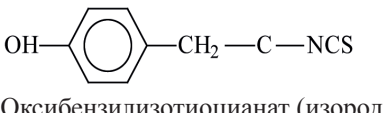
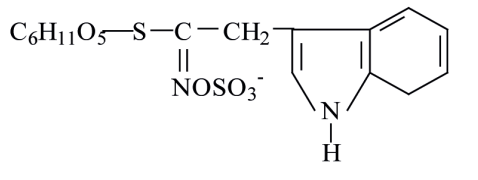
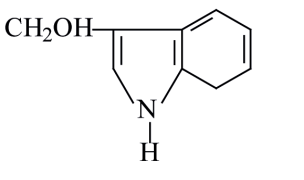
с образованием изотиоцианатов и индольных соединений.

Известно более ста изотиоцианатов, образующихся из глюкозинолатов [4]. На-

пример, предшественником сульфорафана является глюкорафанин, аллилизотиоцианата – синигрин, оксибензизотиоцианата – синальбин (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые глюкозинолаты и образующиеся из них изотиоцианаты

Глюкозинолат	Изотиоцианат
$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5\text{—S—C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—S=O}$ $\quad \quad \quad \parallel$ $\quad \quad \quad \text{NOSO}_3^-$ <p>Глюкорафанин</p>	$\text{CH}_3\text{—S—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N=C=S}$ $\quad \quad \quad \parallel$ $\quad \quad \quad \text{O}$ <p>Сульфорафан</p>
 <p>Синальбин</p>	 <p>Оксибензизотиоцианат (изороданистый акринил)</p>
$\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—C—S—C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5$ $\quad \quad \quad \parallel$ $\quad \quad \quad \text{N—O—SO}_3\text{K}$ <p>Синигрин</p>	$\text{CH}_2=\text{C—CH}_2\text{—N=C=S}$ $\quad \quad \quad \parallel$ $\quad \quad \quad \text{H}$ <p>Аллилизотиоцианат (изороданистый аллил)</p>
$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5\text{—S—C—CH}_2\text{—}$ $\quad \quad \quad \parallel$ $\quad \quad \quad \text{NOSO}_3^-$  <p>Глюкобрассицин</p>	 <p>Индол-3-карбинол</p>

В последние годы проведен ряд исследований по изучению влияния изотиоцианатов и индол-3-карбинола на организм человека. Так, установлено, что потребление крестоцветных овощей снижает риск развития рака легких, толстой и прямой кишки, молочной железы, шейки матки, простаты [4, 9-11]. Биологическая активность изотиоцианатов и индол-3-карбинола связана с их способностью индуцировать активность монооксигеназной системы и некоторых ферментов II фазы метаболизма ксенобiotиков (глутатионтрансферазы) [8].

Наиболее известными источниками изотиоцианатов и индольных соединений считаются брокколи и брюссельская капуста,

которые широко используются в странах Европы и Америки. В России в рационе питания населения, чаще всего из семейства крестоцветных, используется кочанная капуста, редис, редька посевная (*Raphanus Sativus* L.). Редьку применяют не только в качестве ингредиента салатов, но и при различных заболеваниях в качестве отхаркивающего, антисептического, желчегонного средства. Однако ее химический состав касательно содержания биологически активных веществ изучен недостаточно.

Целью данной работы явилось исследование количественного состава биологически активных веществ и пищевых волокон *Raphanus Sativus* L.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были использованы корнеплоды редьки черной зимней, выращенной на территории республики Бурятия.

Метод определения клетчатки основан на последовательной обработке навески кислотой и щелочью для удаления из продукта кислото- и щелочерастворимых веществ, с последующим взвешиванием остатка. Количественное содержание растворимых и нерастворимых форм пектиновых веществ устанавливали кальциево-пектатным методом.

Сумму изотиоцианатов была определена по методу П.С. Попова, основанному на отгонке продуктов распада глюкозинолатов в раствор аммиака (изотиоцианаты, взаимодействуя с аммиаком, образуют N,N-замещенные тиомочевины) с последующим титрованием производных тиомочевины перманганатом калия в кислой среде.

Сумму индольных соединений определяли фармакопейным методом, основанным на их экстракции эфирно-хлороформной смесью, с последующим титрованием кислотой.

При количественном определении фенольных соединений использовали водную экстракцию с последующим титрованием калия перманганатом в присутствии индигосульфокислоты при комнатной температуре.

Результаты исследования и их обсуждение

Raphanus Sativus L., как и любое растительное сырье – прежде всего, источник углеводов, а именно пищевых волокон, в состав которых входят в основном клетчатка и пектины. Известно, что присутствие в рационе питания продуктов, содержащих клетчатку и

пектины, способствует хорошей работе кишечника, помогает выведению из организма избыточного холестерина, тяжелых металлов, токсинов, радионуклидов, повышают устойчивость организма к аллергии, помогают восстановиться слизистой оболочке дыхательных и пищеварительных путей после раздражений и воспалительных процессов, благотворно влияют на внутриклеточное дыхание и общий обмен веществ.

При исследовании нерастворимых углеводов *Raphanus Sativus L.* установлено, что содержание клетчатки в исследуемом объекте около 3%. При сравнении с литературными данными по капусте белокочанной и моркови ее содержание в редьке выше на 50 и 25% соответственно (рис. 1).

Пектиновые вещества в плодах и овощах представлены в растворимой (пектин, пектиновая кислота) и нерастворимой (протопектин) формах. Литературные данные свидетельствуют об общем содержании пектиновых веществ в редьке, которое составляет 0,22%, но нет данных о содержании разных форм пектинов. В результате исследований установлено, что в *Raphanus Sativus L.* содержание растворимых пектинов составляет 0,219%, нерастворимых – 0,582%, а общее содержание пектиновых веществ в 3,5 раза выше, по сравнению с литературными данными, что может объясняться местом произрастания, временем сбора корнеплодов или другими факторами (табл. 3).

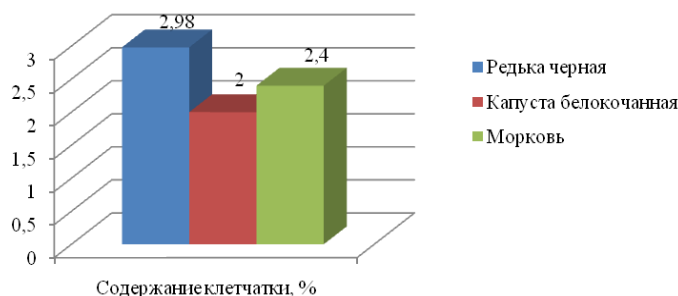


Рис. 1. Содержание клетчатки в овощах

Таблица 3

Содержание пищевых волокон в редьке

Показатель	Редька черная	
	В опытном образце, %	Литературные данные*
Пектиновые вещества:		
– растворимые	0,799 ± 0,052	0,22 ± 0,06
– нерастворимые (протопектин)	0,582 ± 0,037	–
Клетчатка	2,98 ± 0,51	2,1

Примечание. *-И.М. Скурихин, 2002 г

Углеводы в редьке представлены не только в форме пищевых волокон, но и в виде глюкозинолатов. При нарушении компартмента растительной клетки из оргanelл высвобождается мирозиназа, которая катализирует разрушение гликозидной свя-

зи в глюкоиналатах с образованием глюкозы и агликона. Агликон – нестабильное соединение, способное к самопроизвольной перегруппировке с образованием ряда продуктов в зависимости от структуры боковой цепи и условий реакции (рис. 2).

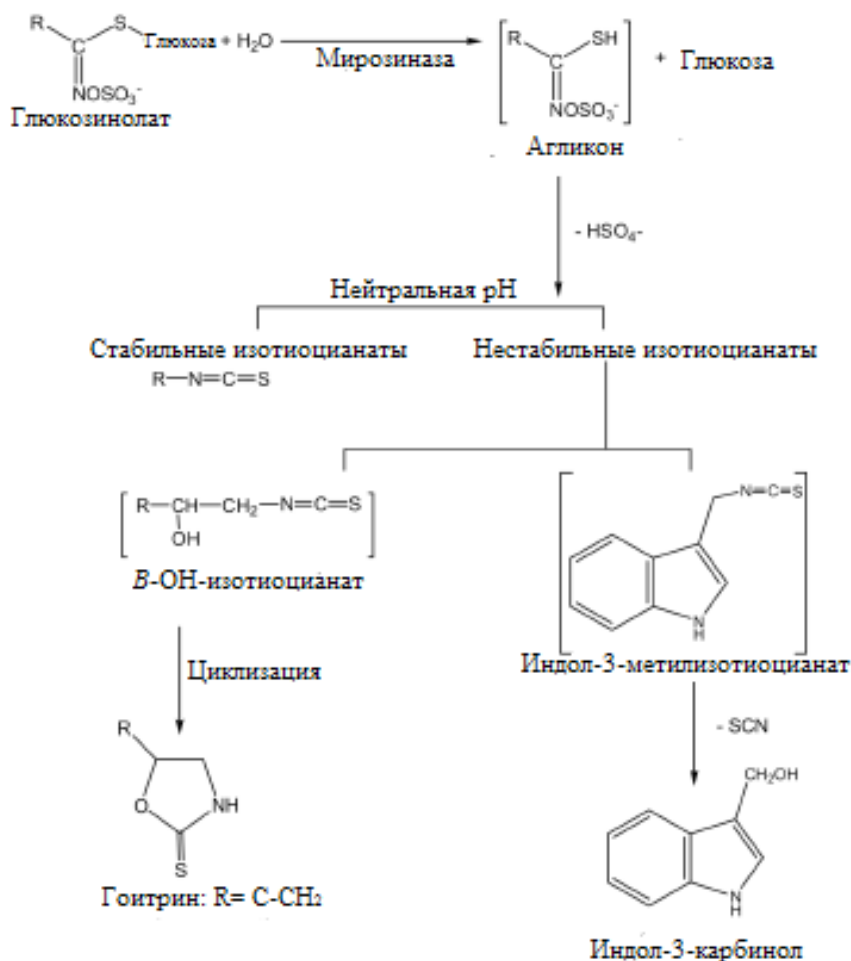


Рис. 2. Превращение глюкозинолатов

При нейтральном pH основными продуктами гидролиза глюкозинолатов являются стабильные изотиоцианаты, за исключением тех, которые содержат индольную группу. Нестабильные β-ОН-изотиоцианаты подвергаются циклизации с образованием оксазолидин-2-тионов (например, гоитрина), а индольные изотиоцианаты превращаются в соответствующие им спирты (например, индол-3-карбинол) [6].

На первом этапе исследования проводились качественные реакции по идентификации индольных соединений, с использованием реактивов Вагнера (водный раствор йодида калия), Майера (раствор дихлорида ртути с йодидом калия), Зоннен-

штейна (раствор фосфорномолибденовой кислоты) и Эрлиха (*para*-диметиламинобензальдегид в соляной кислоте), реакции с которыми доказали наличие индольных соединений в *Raphanus Sativus* L.

При количественном определении изотиоцианатов, измельченную редьку предварительно выдерживали в 5%-ом растворе этилового спирта при температуре 35 °С. Содержание изотиоцианатов в редьке черной составило 133,87 мг в 100 г продукта.

В настоящее время установлена рекомендуемая суточная норма потребления индольных соединений, которая составляет 50 мг [1]. Содержание индольных соединений в *Raphanus Sativus* L. равно 35,91 мг,

следовательно, потребление 100 г редьки черной в день восполнит 70 % суточной потребности в индольных соединениях.

Еще одной группой биологически активных веществ, содержащихся в *Raphanus Sativus L.*, являются фенольные соединения. Это ароматические соединения, содержащие в своей молекуле бензольное ядро с одной или несколькими гидроксильными группами. Их биологическая активность заключается в способности связывать ионы тяжелых металлов, катализирующих окислительные процессы, с образованием устойчивых неактивных комплексов, а также взаимодействовать с высокоактивными свободными радикалами, возникающими при аутоокислации, например, липидных компонентов, переводя их в малоактивные. Таким образом, фенольные соединения способны гасить цепные свободнорадикальные процессы, приводящие к возникновению раковых заболеваний и быстрому старению организма, то есть обладают антиоксидантной активностью [3].

Косвенным доказательством антиоксидантной активности экстракта *Raphanus Sativus L.* является то, что подобно раствору аскорбиновой кислоты, она предотвращает окисление адреналина. Содержание фенольных соединений составляет 3,74 мг в 100 г продукта.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что редька посевная (*Raphanus Sativus L.*) является источником пищевых волокон, пектиновых веществ, фенольных соединений, а также продуктов гидролиза глюкозинолатов – индольных соединений и изотиоцианатов. В дальнейшем планируется исследование динамики содержания биологически активных веществ *Raphanus Sativus L.* при хранении и воздействии технологических процессов, а также варианты использования редьки в различных пищевых системах в качестве источника биологически активных веществ.

Список литературы

1. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432-08.
2. Русакова Г.Г., Мерлин Е.А. и др. Получение изотиоцианатов как полупродуктов веществ с медико-биологической активностью из растительного сырья / Г.Г. Русакова, Е.А. Мерлин // Известия ВолгГТУ. 2008. № 1.
3. Хасанова С.Р., Плеханова Т.И. и др. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов. // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. 2007. № 1, с. 163-166.
4. Fowke J.H., Chung F.L., Jin F., Qi D., Cai Q., Conaway C., et al. Urinary isothiocyanate levels, brassica, and human breast cancer. *Cancer Res* 2003;63:3980-6.

5. Giovannucci E., Rimm E.B., Liu Y., Stampfer M.J., Willett W.C. A prospective study of cruciferous vegetables and prostate cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003;12:1403-9. 13

6. Holst B., Williamson G. A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Nat Prod Rep* 2004;21:425-47.

7. Jane Higdon, Indole-3-Carbinol Linus Pauling Institute Oregon State University, 2005 20

8. Jane V. Higdon, Barbara Delage, David E. Williams Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis

9. Joseph M.A., Moysich K.B., Freudenheim J.L., Shields P.G., Bowman E.D., Zhang Y., et al. Cruciferous vegetables, genetic polymorphisms in glutathione S-transferases M1 and T1, and prostate cancer risk. *Nutr Cancer* 2004;50:206-13.

10. Kristal A.R., Lampe J.W. Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. *Nutr Cancer* 2002;42:1-9.

11. Walters D.G., Young P.J., Agus C., Knize M.G., Boobis A.R., Gooderham N.J., et al. Cruciferous vegetable consumption alters the metabolism of the dietary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in humans. *Carcinogenesis* 2004;25:1659-69

References

1. Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenergii i pishhevyyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii: Metodicheskie rekomendacii. МР 2.3.1.2432-08.

2. Rusakova G.G., Merlin E.A., *Izvestija VolgGTU*. 2008. no. 1.
3. Hasanova S.R., Plehanova T.I., *Vestnik VGU, serija: Himija. Biologija. Farmacija*. 2007. no. 1, pp 163-166.

4. Fowke J.H., Chung F.L., Jin F., Qi D., Cai Q., Conaway C, et al. Urinary isothiocyanate levels, brassica, and human breast cancer. *Cancer Res* 2003;63:3980-6.

5. Giovannucci E., Rimm E.B., Liu Y., Stampfer M.J., Willett W.C. A prospective study of cruciferous vegetables and prostate cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003;12:1403-9. 13

6. Holst B., Williamson G. A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. *Nat Prod Rep* 2004;21:425-47.

7. Jane Higdon, Indole-3-Carbinol Linus Pauling Institute Oregon State University, 2005 20

8. Jane V. Higdon, Barbara Delage, David E. Williams Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis

9. Joseph M.A., Moysich K.B., Freudenheim J.L., Shields P.G., Bowman E.D., Zhang Y., et al. Cruciferous vegetables, genetic polymorphisms in glutathione S-transferases M1 and T1, and prostate cancer risk. *Nutr Cancer* 2004;50:206-13.

10. Kristal A.R., Lampe J.W. Brassica vegetables and prostate cancer risk: a review of the epidemiological evidence. *Nutr Cancer* 2002;42:1-9.

11. Walters D.G., Young P.J., Agus C., Knize M.G., Boobis A.R., Gooderham N.J., et al. Cruciferous vegetable consumption alters the metabolism of the dietary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in humans. *Carcinogenesis* 2004;25:1659-69

Рецензенты:

Ламажапова Г.П., д.б.н., доцент, доцент кафедры «Биоорганическая и пищевая химия», ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ;

Данилов М.Б., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология мясных и консервированных продуктов», ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ.

Работа поступила в редакцию 24.06.2014.