

УДК 664.661:635. 2/3

ББК 36.83+42.34

П-76

Крячко Татьяна Ивановна, аспирант кафедры «Технология переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»; e-mail: kryachko.tatyana@yandex.ru;

Малкина Валентина Даниловна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»; e-mail: nauka.pgtu@mail.ru;

Мартirosян Владимир Викторович, доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГАНУ «НИИ хлебопекарной промышленности»; e-mail: v.martirosyan@gosniihp.ru;

Голубкина Надежда Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического центра ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; e-mail: segolubkina@rambler.ru;

Бондарева Людмила Леонидовна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции и семеноводства капустных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; e-mail: lyuda_bondareva@mail.ru;

Середин Тимофей Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; e-mail: timofey-seredin@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВТОРИЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ СЕЛЕНА ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

(рецензирована)

Для разработки хлебобулочных изделий функционального назначения вносили в пшеничную муку порошки брокколи или порошки лука порея, обогащенные селеном. В качестве растительного сырья использовали отечественные культуры – брокколи (сорт Тонус), лук порей (сорт Премьер). В процессе выращивания растений применили технологию обогащения селеном. Разработанные хлебобулочные изделия, содержащие обогащенные порошки, относятся к изделиям функционального назначения, удовлетворяя суточную потребность в селене от 14% до 32%.

Ключевые слова: селен, брокколи, лук порей, порошок, хлебобулочные изделия, функциональное назначение.

Kryachko Tatyana Ivanovna, a post graduate student of the Department of Technology of grain processing, baking, macaroni and confectionery production of FSBEI HE "Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky (PKU) "; e-mail: kryachko.tatyana@yandex.ru;

Malkina Valentina Danilovna, Doctor of Technical Sciences, a professor of the Department of Technology of grain processing, baking, macaroni and confectionery production of FSBEI HE "Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky (PKU)"; e-mail: nauka.pgtu@mail.ru;

Martirosyan Vladimir Victorovich, Doctor of Technical Sciences, an associate professor, deputy director for scientific work of FSASI "Scientific Research Institute of Baking Industry"; e-mail: v.martirosyan@gosnihp.ru;

Golubkina Nadezhda Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, a chief researcher at the Laboratory and Analytical Center of FSBSI "Federal Research Center for Vegetable Growing"; e-mail: segolubkina@rambler.ru;

Bondareva Lyudmila Leonidovna, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Breeding and Seed Growing of Cabbage Crops, FSBSI "Federal Research Center for Vegetable Growing"; e-mail: lyuda_bondareva@mail.ru;

Seredin Timofey Mikhailovich, Candidate of Agricultural Sciences, a senior researcher of Onion Seed Breeding Laboratory of FSBSI "Federal Scientific Center for Vegetable Growing"; e-mail: timofey-seredin@rambler.ru

APPLICATION OF VEGETABLE SECONDARY SELENIUM ACCUMULATORS FOR ENRICHING BAKERY PRODUCTS

(reviewed)

For the development of functional purpose bakery products broccoli powder or leek powder enriched with selenium were added to wheat flour. Domestic crops such as broccoli (Tonus variety) and leek (Premier variety) were used as plant raw materials. In the process of growing plants technology of enrichment with selenium was used. Developed bakery products containing enriched powders are functional products, satisfying the daily need for selenium from 14% to 32%.

Keywords: *selenium, broccoli, leek, powder, bakery products, functional purpose.*

Создание продуктов питания функционального назначения базируется на введении в изделия ингредиентов, способствующих снижению дефицита биологически активных веществ. Имеются сведения о разработке и внедрении в производство обогащенных продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий. Профессором Спиричевым В.Б. представлен способ изготовления хлебобулочных изделий с йодированной солью, который позволяет получить готовый продукт лечебно-профилактического назначения [1]. Шатнюк Л.Н. и другие исследователи разработали способ приготовления хлебобулочных изделий, обогащенных витаминами и железом, что позволило отнести их к продукции для детского питания [2]. Важное значение в обогащении продуктов питания имеют антиоксидантные соединения. Среди природных антиоксидантов эффективным является применение каротиноидов, полифенолов, йода, селена.

Химический элемент селен, открыт шведским химиком Й.Я. Берцелиусом в 1817 г., в семидесятые годы XX столетия признан как эссенциальный микроэлемент. Селен участвует в регуляции деятельности всех жизнеобеспечивающих систем в организме. Патологические симптомы селенодефицита развиваются вследствие низкого потребления микроэлемента. Дефицит селена приводит к снижению иммунитета, возрастанию риска возникновения и развития кардиологических и онкологических заболеваний, нарушению

репродуктивной функции. В мире до 1 миллиарда человек имеют дефицит селена. В большинстве стран употребление населением селеносодержащих продуктов относительно невелико по сравнению с рекомендованными нормами Всемирной организации здравоохранения – от 50 до 70 мкг/сутки. Согласно литературным данным [3] селенодефицит в России составляет около 80%, при этом распределение дефицита селена в каждом регионе разное, неравномерное.

В связи с низким уровнем потребления мясных и молочных продуктов, овощей и фруктов, зерновые культуры являются основными источниками селена (до 50%) для населения Российской Федерации [4].

Однако на количество селена в зерновом сырье влияет уровень обогащения почвы этим минералом, а в готовых изделиях – применяемая технология производства пищевых продуктов.

Отличительной особенностью растений является способность синтезировать селен в органической форме и накапливать его. Все растительные культуры по накоплению уровней микроэлемента делят на неаккумуляторы, вторичные аккумуляторы и гипераккумуляторы селена. К группе гипераккумуляторов селена относят представителей семейства астровые (*Asteraceae*) – топинамбур; бобовые (*Fabaceae*) – астрагалы. Растения рода *Brassica* и *Allium* являются вторичными аккумуляторами селена [4].

К роду *Brassica* относится капуста брокколи (далее – брокколи), популярна во многих странах мира. В брокколи содержатся минеральные вещества и витамины, обеспечивающие деятельность биохимических процессов в организме человека. Употребление 100 г свежей брокколи удовлетворяет суточную потребность организма в: кальции на 55%, железе – 17%, калии – 15%, фосфоре – 11%, марганце – 10%, витамине К – 202%, витамине С – 97%, фолиевой кислоте – 23%. Важным элементом брокколи являются пищевые волокна – 2,6 г/100 г, которые улучшают работу желудочно-кишечного тракта. Вещества, содержащиеся в брокколи, имеют антисклеротическое действие – метионин и холин способны снижать уровень холестерина в крови. Присутствующие в брокколи серосодержащие соединения – глюкозинолаты обладают антиканцерогенным действием [5].

Лук порей – растение рода *Allium* пользуется большой популярностью, как в свежем, так и в переработанном виде. Лук порей содержит высокие концентрации полифенолов, хлорофиллов, каротиноидов – природных антиоксидантов, витамина С и эфирных масел. Лук порей – источник биологически активных веществ, в своем составе имеет соединения серы, придающие ему специфический вкус. Лук в высоту достигает до 90 см, визуально делится на отбеленную часть (ложный стебель) и зелёные листья с восковым налётом. Обычно в пищу используют ложный стебель лука порея. Однако зелёные листья имеют значительно больше полезных веществ по сравнению с ложным стеблем. Содержание в луке порее полифенолов составляет 960-1000 мг ГК/100г, аскорбиновой кислоты в ложном стебле от 8 до 50 мг/100г, в зелёных листьях 100-120 мг/100г. Лук порей обладает противомикробным, противовоспалительным, сосудоукрепляющим действием, является иммуностимулятором. За счет содержания калия – 180 мг/100 г способствует активизации обмена веществ в организме человека [6]. В работе приняты листья лука порея (далее – лук порей).

Цель исследования – разработать технологию обогащения хлебобулочных изделий путем применения продуктов переработки растений вторичной аккумуляции микроэлемента – селена.

В соответствии с поставленной целью исследовали влияние растительных порошков брокколи и лука порея, необогащенных и обогащенных селеном на качество хлебобулочных изделий.

Для выработки порошков выбраны отечественные растительные культуры, оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО):

- брокколи сорта Тонус – период вегетации составляет 60-90 дней, имеет среднеплотные соцветия зеленого цвета с голубизной массой 160-200 г. Через 5-8 суток после появления центрального соцветия в пазухах листьев формируются соцветия второго порядка. Листья брокколи слабоморщинистой структуры достигают размера до 90 см.

- лук порей сорта Премьер – имеет вегетационный период 120-140 суток. Ложный стебель лука порея цилиндрической формы со слабовыраженной луковицей.

Для обогащения селеном растительные культуры выращивали рассадным способом в открытом грунте на экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦО. Обогащение брокколи и лука порея селеном осуществляли на 1/2 посевной площади, другую половину принимали за контроль и оставляли без применения технологии обогащения микроэлементом.

Содержание селена в порошках брокколи и лука порея, а также готовых хлебобулочных изделиях устанавливали флуориметрическим методом по МУК 4.033.11-95. Уровень полифенолов регистрировали спектрофотометрически с использованием реактива Фолина на спектрофотометре Unicо 2804 UV [7].

По окончании вегетационного периода были получены образцы:

- брокколи свежая: необогащенная и обогащенная селеном;
- лук порей свежий: необогащенный и обогащенный селеном.

Для подготовки свежего растительного сырья к выработке порошков, необогащенных и обогащенных селеном, соцветия брокколи и лук порей промывали, удаляли влагу для последующей сушки. Применяли конвективный способ сушки с принудительной циркуляцией воздуха при температуре 68-70°C. Полученные высушенные соцветия брокколи и лук порей, необогащенные и обогащенные селеном, измельчали для получения порошков. В выработанных порошках брокколи и лука порея определяли показатели качества, данные представлены в таблице 1.

Анализируя данные, представленные в таблице 1, видно, что по органолептическим показателям порошки, как брокколи, так и лука порея имели однородную сыпучую консистенцию. Вкус и запах соответствовали используемому сырьевому источнику.

Применение методики обогащения селеном в процессе выращивания растений увеличивало содержание микроэлемента в порошке брокколи в 18 раз по сравнению с необогащенным порошком. Порошок лука порея, обогащенный селеном, имел повышенный показатель по содержанию микроэлемента более чем в 70 раз по сравнению с необогащенным порошком. Содержание полифенолов в обогащенном порошке брокколи увеличивалось в 1,7 раза, в обогащенном порошке лука порея – в 2,3 раза по сравнению с аналогичными необогащенными порошками.

Необогащенные и обогащенные селеном порошки брокколи и лука порея, полученные конвективным способом сушки, применяли для выработки хлебобулочных

изделий. Тесто для производства формовых хлебобулочных изделий готовили из пшеничной муки высшего сорта безопасным способом с двумя обминками. Порошки использовали в количестве 4% к массе муки, в соответствии с данными, полученными предыдущими исследованиями по эффективной дозе порошков [8].

Продолжительность брожения теста составила 150 минут, через каждые 60 минут осуществляли обминку. После завершения брожения теста влажностью – 44%, формовали тестовые заготовки, укладывали в формы. Расстойку проводили при температуре 37-38°C и относительной влажности воздуха 75-78 %. Изделия выпекали в увлажненной пекарной камере при температуре 220°C.

В готовых хлебобулочных изделиях определяли органолептические и физико-химические показатели качества, результаты представлены в таблице 2.

По данным, представленным в таблице 2, видно, что внесение порошков брокколи и лука порея, небогатых и богатых селеном, приводило к изменению цвета хлебобулочных изделий в соответствии с вносимой добавкой, однако на физико-химические показатели практически не оказывало влияние. Следует отметить, что применение порошков брокколи и лука порея повышало кислотность готовых хлебобулочных изделий на 0,2 град.

В хлебобулочных изделиях без добавлений и с добавлением порошков брокколи и лука порея, небогатых и богатых селеном, определяли содержание селена, результаты представлены на рисунке 1.

По данным рисунка 1, следует отметить, что внесение порошка брокколи, обогащенного селеном, обеспечивало увеличение содержания микроэлемента в хлебобулочных изделиях на 82% по сравнению с изделиями без добавлений. Повышенный уровень селена (26,6 мкг/100 г) отмечен в пробе хлебобулочных изделий с добавлением порошка лука порея, обогащенного селеном, увеличение составило – 195%. В хлебобулочных изделиях с внесением богатых порошков брокколи и лука порея сохранность селена в процессе выпечки установлена на уровне 95%.

В готовых изделиях без добавлений и с добавлением порошков брокколи и лука порея, небогатых и богатых селеном, определяли содержание полифенолов, результаты представлены на рисунке 2.

Таблица 1. Показатели качества порошков брокколи и лука порея

Наименование показателей	Порошки			
	брокколи, сорт Тонус		лук порея, сорт Премьер	
	необогащенные селеном	обогащенные селеном	необогащенные селеном	обогащенные селеном
Внешний вид				
Цвет	желто-зеленый		темно-зеленый	
Вкус	сладковатый, свойственный брокколи		сладковатый, свойственный луку порею	
Запах	свойственный брокколи		свойственный луку порею	
Консистенция	сыпучая		сыпучая	
Содержание селена, мкг/100 г сухой массы	9,3±0,5	168±3,5	6,5±0,3	464±6,6
Содержание полифенолов, мг ГК/100г сухой массы	126±5	218±21	650±21	1494±65

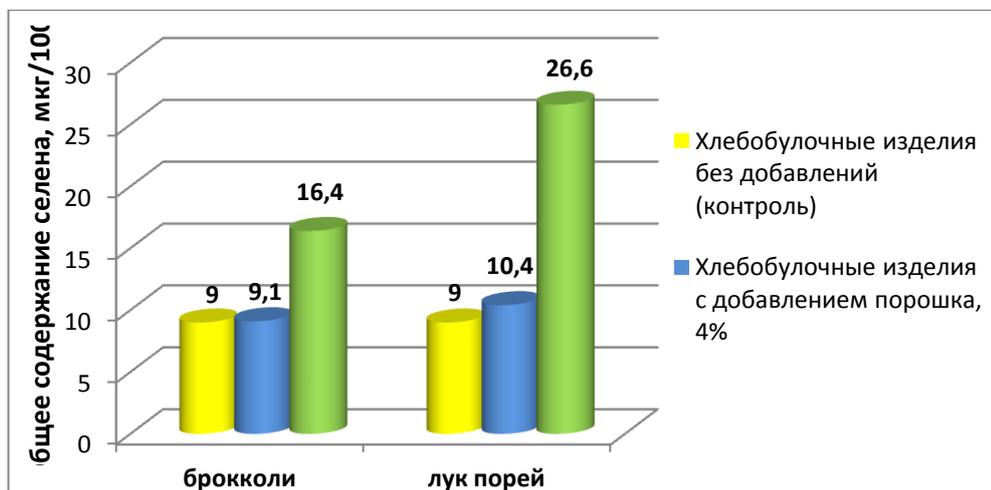


Рис. 1. Содержание селена в хлебобулочных изделиях без добавлений и с добавлением порошков брокколи и лука порея, небогатых и обогащенных селеном

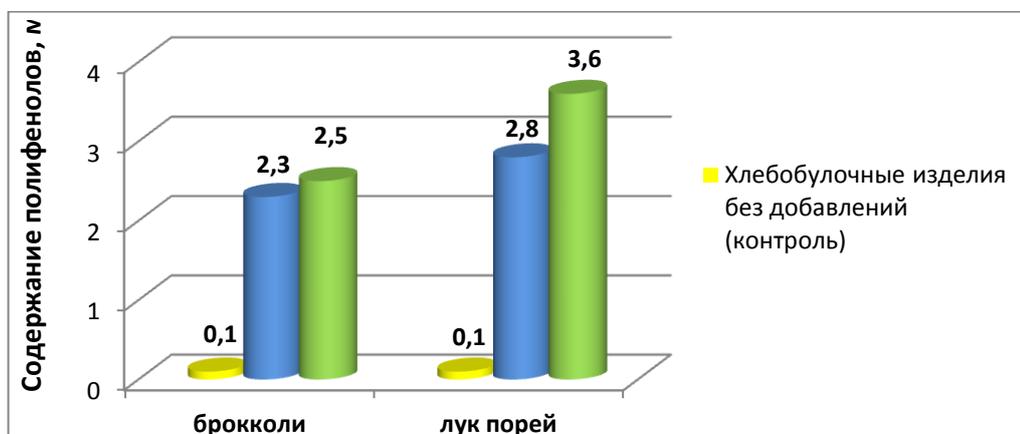


Рис. 2. Содержание полифенолов в хлебобулочных изделиях без добавлений и с добавлением порошков брокколи и лука порея, небогатых и обогащенных селеном



Рис. 3. Удовлетворение суточной потребности в селене для различных групп населения

Анализируя данные, представленные на рисунке 2, видно, что хлебобулочные изделия с обогащенными селеном порошками имели повышенное содержание полифенолов. Порошок брокколи, обогащенный селеном, обеспечивал увеличение содержания полифенолов в готовых изделиях – на 2,4 мг ГК/100 г, порошок лука порея,

обогащенный селеном – на 3,5 мг ГК/100 г по сравнению с хлебобулочными изделиями без добавлений.

Таким образом, основываясь на результатах исследования по содержанию селена в хлебобулочных изделиях с добавлением обогащенных порошков в количестве 4% к массе пшеничной муки, рассчитаны показатели удовлетворения суточной потребности в селене для различных групп населения [9, 10], полученные данные представлены на рисунке 3.

По данным, представленным на рисунке 3, видно, что употребление 100 г хлебобулочных изделий с добавлением порошка брокколи, обогащенного селеном, в количестве 4% к массе пшеничной муки, обеспечивает восполнение адекватного уровня суточной потребности в селене для мужчин – на 14%, для женщин – на 18%, для детей – на 20%.

Употребление 100 г хлебобулочных изделий с добавлением порошка лука порея, обогащенного селеном, в количестве 4% к массе пшеничной муки, обеспечивает восполнение адекватного уровня суточной потребности в селене для мужчин – на 23%, для женщин – на 29%, для детей – на 32%.

Таким образом, применение селеносодержащих порошков в технологии хлебобулочных изделий позволяет создать продукт с функциональными свойствами, покрывая суточную потребность в микроэлементе селене от 14% до 32%.

На основании полученных результатов исследований подана заявка на изобретение №2018108278 «Функциональное хлебобулочное изделие с порошком из листьев растений рода *Allium*, обогащенных селеном». Представленные данные в заявке на изобретение позволяют получить функциональное хлебобулочное изделие, обогащенное селеном, с повышенной антиоксидантной активностью.

Можно заключить, что теоретическая значимость выполненного исследования заключается в том, что обогащение селеном растений рода *Brassica* и *Allium* в процессе их выращивания является важным биотехнологическим инструментом. Продукты переработки обогащенных вторичных аккумуляторов рекомендуется использовать для создания функциональных продуктов питания, в том числе в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения.

Обогащение селеном растительных культур рода *Brassica* и *Allium* являющихся вторичными аккумуляторами – эффективный и экономически выгодный путь оптимизации селенового статуса населения России.

Литература:

1. Способ изготовления хлеба и хлебобулочных изделий: патент 2159043 Рос. Федерация, МПК А21D 8/02 / Шатнюк Л.Н., Спиричев В.Б., Трубка Л.А.; заявитель и патентообладатель ЗАО «ВАЛТЕК ПРОДИМПЕКС», №99111598/13; заявл. 09.06.99; опубл. 20.11.00, Бюл. №32. 6 с.

2. Способ приготовления теста: патент 2472347 Рос. Федерация, МПК А21D 8/02, МПК А21D 2/02. / Шатнюк Л.Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «ВАЛТЕК ПРОДИМПЕКС», №2011130433/13; заявл. 21.07.11; опубл. 20.01.13, Бюл. №2. 6 с.

3. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. Москва: Печатный город, 2006. 254 с.

4. Голубкина Н.А., Полубояринов П.А., Синдирева А.В. Селен в продуктах растительного происхождения // Вопросы питания. 2017. Т. 86, №2. С. 63-69.

5. Голубкина Н.А., Сирота С.М. Биологически активные соединения овощей. Москва: ВНИИССОК, 2010. С. 133-136.

6. Адрицкая Н.А., Костко И.Г. Лук порей как пищевой продукт и сырье для переработки // Государство, академическая наука и высшая школа: современное состояние и тенденции развития: сборник научных статей. Уфа, 2015. С. 98-102.

7. Антиоксиданты растений и методы их определения / Голубкина Н.А.[и др.]. Москва: ВНИИССОК, 2018. 66 с.

8. Малкина В.Д., Крячко Т.И. Перспективы применения продуктов переработки брокколи в технологии хлебобулочных изделий // Естественно-научные исследования, народное хозяйство, современные технологии и технический прогресс: сборник статей Международной научно-практической конференции (29 апреля 2016 г.). Воронеж, 2016. С. 52-60.

9. О применении санитарных мер в таможенном союзе: решение Комиссии Таможенного союза №299. Введ. 2010-05-28.

10. МР 2.3.1.2432-2008. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Введ. 2008-12-18. 25 с.

Literature:

1. *A method of making bread and bakery products: patent 2159043 the Russ. Federation, IPC A21D 8/02 / Shatnyuk L.N., Spirichev V.B., Trubko L.A.; An applicant and patent holder is ZAO "VALETEK PRODIMPEX", No. 99111598/13; decl. 09.06.99; publ. 20.11.00, Bull. № 32. 6 p.*

2. *Dough preparation method: patent 2472347 the Russ. Federation, IPC A21D 8/02, IPC A21D 2/02. / Shatnyuk L.N. [and etc.]; an applicant and patent holder is ZAO "VALETEK PRODIMPEX", No. 2011130433/13; decl. 07.21.11; publ. 01.20.13, Byul. № 2. 6 p.*

3. *Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selenium in the diet. Plants, animals, a man. Moscow: Pechatny gorod, 2006. 254 p.*

4. *Golubkina N.A., Poluboyarinov P.A., Sindireva A.V. Selenium in plant products // Nutrition issues. 2017. Vol. 86, No. 2. P. 63-69.*

5. *Golubkina N.A., Sirota S.M. Biologically active compounds of vegetables. Moscow: VNISSOK, 2010. P. 133-136.*

6. *Adritskaya N.A., Kostko I.G. Leek as a food product and raw material for processing // A state, academic science and higher education: current state and development trends: a collection of scientific articles. Ufa, 2015. P. 98-102.*

7. *Antioxidants of plants and methods for their determination / Golubkina NA [et al.]. Moscow: VNISSOK, 2018. 66 p.*

8. *Malkina V.D., Kryachko T.I. Prospects for the use of processed products of broccoli in the technology of bakery products // Natural-scientific research, national economy, modern technology and technical progress: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference (April 29, 2016). Voronezh, 2016. P. 52-60.*

9. *On the application of sanitary measures in the Customs Union: Decision of the Commission of the Customs Union No. 299. Introduced 2010-05-28.*

10. *MP 2.3.1.2432-2008. Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation: guidelines. Introduced 2008-12-18. 25 p.*