

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РЕПЫ (*BRASSICA RAPA L.*) В КАЧЕСТВЕ
ИСТОЧНИКА ЦЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

L.V. Naimushina, I.D. Zykova, A.D. Satornik

BRASSICA RAPA L. PROSPECTS AS A SOURCE OF SIGNIFICANT
BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Л.В. Наймушина – канд. хим. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: naimlivi@mail.ru

И.Д. Зыкова – канд. техн. наук, доц. каф. химии Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: IZykova@sfu-kras.ru

А.Д. Саторник – студ. 3-го курса Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: naimlivi@mail.ru

L.V. Naymushina – Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technologies and Organizations of Public Catering, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: naimlivi@mail.ru

I.D. Zykova – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Chemistry, Polytechnical Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: IZykova@sfu-kras.ru

A.D. Satornik – 3-year student, Trade and Economic Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: naimlivi@mail.ru

*Интересным и перспективным направлением в плодовоовощном бизнесе может быть выращивание репы (*Brassica rapa L.*), которая имеет не только ценные питательные свойства, но и востребована в народной медицине как лекарственное средство, обладающее противовоспалительными, антисептическими и мочегонными свойствами. Целью работы явилось определение в репе сорта «Петровская-1» содержания биологически активных веществ (БАВ), являющихся выраженными восстановителями, и регистрация общей антиоксидантной активности (АОА) корнеплода. С использованием химических методов анализа установлено, что в популярном сорте репы содержание витамина С составило $61,0 \pm 0,2$ мг % / 100 г; редуцирующих веществ – $3,02 \pm 0,15$ г/100 г; дубильных веществ – $0,49 \pm 0,02$ г/100 г; флавоноидов – $1,07 \pm 0,05$ г/100 г. Показано, что содержание в репе глюкорафанина ($51 \pm 2,5$ мг/100 г) как предшественника антиканцерогена сульфорафана является биологически значимым, сравнимым с показателями для некоторых крестоцветных, обладающих противоопухолевым действием. Спектрофотометрическое исследование ан-*

*тиоксидантной активности с использованием модельной реакции аутоокисления адреналина (*in vitro*) позволило выявить, что в отличие от водного экстракта сухого сырья свежесжатый сок *Brassica rapa L.* обладает выраженным антиоксидантным эффектом. Зарегистрировано, что при времени экспозиции 3 мин АОА сока составила 35,5 %, при 5 мин – 31,2 %. Проведенные исследования показали, что корнеплод наиболее ценен и полезен как антиоксидант в свежем, термически необработанном виде.*

Ключевые слова: репа (*Brassica rapa L.*), биологически активные вещества (БАВ), глюкорафанин, сульфорафан, антиоксидантная активность, аутоокисление адреналина.

*Interesting and promising direction in the produce business may be growing turnip (*Brassica Rapa L.*), which has valuable nutritional properties and is in demand in folk medicine as a remedy having anti-inflammatory, antiseptic and diuretic properties. The aim of the work was to determine in turnip of kind "Petrovskaya-1" the content of biologically active substances (BAS) having reducing properties, and registration of the total antioxidant activity (AOA) of root. Using chemical analysis it*

was found out that the popular kind turnip content was: vitamin C – $61.0 \pm 0,2 \text{ mg \% / 100 g}$; reducing substances – $3.02 \pm 0,15 \text{ g / 100 g}$; tannins – $0.49 \pm 0.02 \text{ g / 100 g}$; flavonoids – $07 \pm 0.05 \text{ g / 100 g}$. It was shown that the glucoraphanin content in the turnip was ($51 \pm 2.5 \text{ mg / 100 g}$) as a precursor of anticancerogen sulforaphane was biologically meaningful, comparable to those for some cruciferous having antitumor effect. The study of antioxidant activity with using a model of adrenaline autoxidation reaction (in vitro) revealed that unlike water extract dry raw fruit juice *Brassica Rapa L.* had a strong antioxidant effect. It was registered that the AOA of juice at exposure time of 3 min was 35.5 %, at 5 min was 31.2 %. The studies showed that the root was most valuable and useful as an antioxidant in the fresh, thermally unprocessed state.

Keywords: turnip (*Brassica rapa L.*), biologically active substances (BAS), glucorafanine, sulforaphane, antioxidant activity, adrenaline autoxidation.

Введение. Введенное Россией продовольственное эмбарго в значительной степени повлияло на рынок овощей. Россия планирует устранить дефицит овощей на рынке путем увеличения собственного производства данной продукции. В сложившейся ситуации в Сибири интересным и перспективным направлением в плодовоовощном бизнесе может быть выращивание истинно русского неприхотливого корнеплода – репы.

Репа (*Brassica rapa L.*) – однолетнее или двулетнее травянистое растение с белым или желтоватым корнеплодом, вид рода Капуста (*Brassica*) семейства Капустные (*Brassicaceae*), или Крестоцветные (*Cruciferae*). Сегодня репа не относится к самым популярным овощам, тем не менее селекционерами выведено более 20 сортов этого растения, различающихся цветом травы и корнеплодов, формой и размером, урожайностью и сроками созревания.

Помимо ценных питательных качеств репа востребована в народной медицине и как лекарственное средство, обладающее противовоспалительными, антисептическими и мочегонными свойствами [1].

Современные исследования химического состава репы подтверждают полезные свойства продукта. Известно, что растение содержит без-

азотистые вещества (6,5 %), азотистые вещества (1,1 %), жиры (0,2 %), углеводы (6,2 %), пищевые волокна (9,2%), минеральные соли, витамины (на 100 г продукта: А – 0,04 мг; С – 8–20; В₁ – 0,08–0,11; РР – 0,8 мг). Есть данные о наличии в корнеплоде янтарной кислоты [2–3].

В химический состав репы входят витамины, углеводы, микроэлементы, а также особое редкое соединение, которого нет в других корнеплодах, – глюкорафанин – растительный «предшественник» сульфорафана, обладающего выраженными противораковыми и антидиабетическими свойствами [4–5]. В биологически значимых количествах глюкорафанин присутствует в брокколи, кольраби, брюссельской капусте и некоторых других представителях крестоцветных, урожайность которых, в отличие от неприхотливой репы, сильно зависит от состава почвы, климатических условий и ухода [3, 6]. Многочисленные исследования связывают высокое употребление упомянутых овощей со снижением риска рака и других проблем со здоровьем [3–7].

Информация по содержанию глюкорафанина в репе достаточно противоречива: по одним источникам – 30, по другим – 90 мг/100 г продукта [3, 7].

В связи с вышесказанным представляло интерес изучение химического состава сорта репы, отличающегося хорошей урожайностью в климатических условиях сибирского региона и популярного среди огородников.

Цель исследования. Определение в репе (*Brassica rapa L.*) сорта «Петровская-1» содержания биологически активных веществ (БАВ), являющихся выраженными восстановителями, и регистрация общей антиоксидантной активности сырья.

Задачи исследования. Количественное определение содержания витаминов С и Р, редуцирующих и дубильных веществ, глюкозинолатов и флавоноидов; спектрофотометрическая регистрация ингибирования реакции аутоокисления адреналина в присутствии сока репы и экстрактов высушенного корнеплода.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовалась высушенная, измельченная до 0,5–1 см подземная часть репы сорта «Петровская-1», собранная в сентябре 2015 г. В отдельных определениях использовали свежесжатый сок и свежие корнеплоды.

Определение содержания аскорбиновой кислоты, дубильных и редуцирующих веществ, флавоноидов проводили в соответствии с известными в химии растительного сырья методиками [8–10].

Определение содержания глюкорафанина в исследуемом сырье проводили в соответствии с авторской методикой [11]. Определение основано на проведении гидролиза необезжиренного воздушно-сухого сырья концентрированной щелочью до образования сульфидов, обработке гидролизата концентрированной соляной кислотой до получения сероводорода, последующей его отгонке с водяным паром в колбу с поглотителем (аммиачный раствор сульфата цинка). Определение содержания в растворе-поглотителе серосодержащих соединений в пересчете на прогоитрин проводили методом йодометрического титрования по остатку. Расчет содержания глюкорафанина (X, %) проводили по формуле

$$X = \frac{A \cdot 1,95 \cdot 10}{H \cdot (100 - B)},$$

где 1,95 – коэффициент пересчета количества связанного йода на содержание прогоитрина (1 мл 0,1 н раствора йода соответствует 1,95 мг прогоитрина); А – количество 0,1 н раствора йода, израсходованного на окисление сероводорода, содержащегося в растворе-поглотителе; Н – воздушно-сухая навеска исследуемого материала, г; В – содержание влаги в сырье.

Изучение антиоксидантной активности сырья проводили с использованием модельной реакции аутоокисления адреналина (in vitro) в соответствии с методикой, описанной в [12]. Сок репы или водный экстракт сухого сырья помещали в спектрофотометр UV 1700 (Shimadzu) и определяли оптическую плотность при длине волны 347 нм в кювете толщиной 10 мм. Реакция аутоокисления адреналина в карбонатном буфере (рН = 10,65) при комнатной температуре была использована в качестве контрольной пробы. Антиоксидантную активность (АОА, %) исследуемых образцов выражали в процентах ингибирования аутоокисления адреналина и вычисляли по формуле

$$АОА = \frac{(D_1 - D_2) \cdot 100}{D_1},$$

где D_1 и D_2 – оптическая плотность в отсутствии и в присутствии соответственно экстракта или сока сырья.

Результаты исследования и их обсуждение. Основное внимание было сосредоточено на определении в *Brassica rapa* L. БАВ, обладающих выраженными восстановительными свойствами. Наличие таких веществ обеспечивает антиоксидантную активность сырья, что в конечном итоге проявляется в антимикробном, противовоспалительном, а в отдельных случаях и антиканцерогенном действии фитонутриентов.

Результаты количественного анализа исследуемых образцов репы показали, что содержание витамина С, как наиболее сильного восстановителя, составило $61,0 \pm 0,2$ мг% на 100 г свежего корнеплода. Витамин Р в изучаемом сырье не обнаружено. Также в *Brassica rapa* выявлены редуцирующие вещества – легкогидролизуемые сахара – в количестве $3,02 \pm 0,15$ г на 100 г сухого сырья. Содержание дубильных веществ определено в количестве $0,49 \pm 0,02$ г/100 г. Суммарное содержание флавоноидов составило $1,07 \pm 0,05$ г на 100 г сухого сырья.

Углеводы в репе и других крестоцветных представлены не только в виде пищевых волокон, сахаров, но и в виде глюкозинолатов. В овощах глюкозинолаты являются химически и термически стабильными, но при нарушении целостности клетки происходит их гидролиз под действием фермента мирозиназы с образованием изотиоцианатов и индольных соединений, обладающих высокой фармакологической активностью [13].

Помимо фитохимически активных индольных соединений известно более ста изотиоцианатов, образующихся из глюкозинолатов. Например, предшественником аллилизотиоцианата является синигрин, оксибензитизотиоцианата – синальбин, сульфорафана – глюкорафанин [13]. В настоящее время эта группа фитонутриентов считается перспективной для изучения их свойств с целью борьбы с раковыми опухолями.

В репе основным глюкозинолатом является глюкорафанин. При повреждении (переработке) растения растительный фермент мирозиназа трансформирует глюкорафанин в сульфорафан, который, являясь антибактериальным агентом, участвует в системе растительной защиты от инфекции. При этом молярное количество глюкорафанина эквивалентно содержанию молей антиоксиданта сульфорафана.

Проведенный количественный анализ позволил установить содержание глюкорафанина:

51±2,5 мг /100 г сухого сырья. Результаты исследования показали, что по содержанию данного соединения репа сравнима с некоторыми популярными овощами семейства крестоцветных: брокколи (60 мг/100 г) и кольраби (50 мг/100 г), – рекомендованными для профилактики и лечения онкологических заболеваний, особенно при употреблении их в сыром виде [3, 6].

Согласно последним исследованиям, образующийся из глюкорафанина сульфорафан помогает восстанавливать иммунные функции организма, активирует несколько антиоксидантных генов и ферментов в иммунных клетках, борющихся с вредными эффектами молекул – свободными радикалами, вызывающими окислительное повреждение клеток и тканей, процессы воспаления и, следовательно, приводящими к различным болезням [4–7].

Также задачей исследования являлось определение общей антиоксидантной активности (АОА) исследуемого сырья, обусловленной синергическим действием всех БАВ восстановительного характера. Для определения были взяты два образца: водный экстракт сухого сырья и свежевыжатый сок. Изучение АОА водного экстракта сухого сырья было интересно с точки зрения сохранения в репе как в традици-

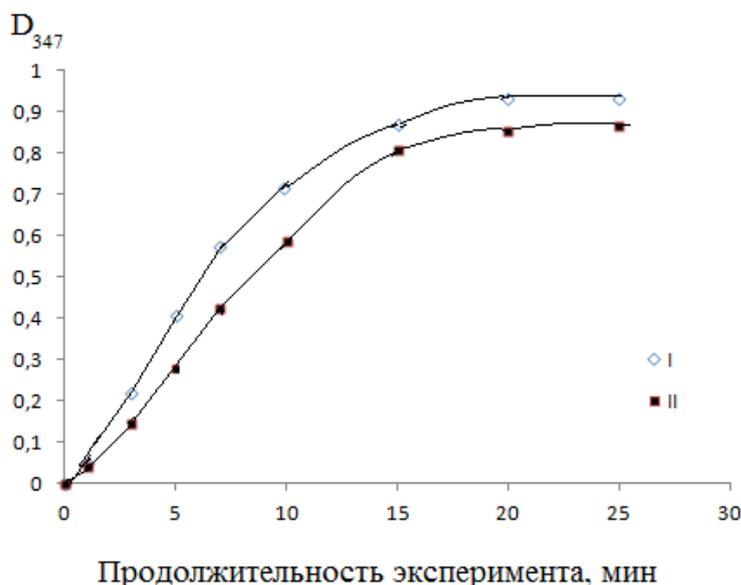
онно заготавливаемом лекарственном растительном сырье полезных свойств.

Для оценки влияния сырья на процесс аутоокисления адреналина было выбрано разное время экспозиции: 3 и 5 мин. Предпочтение данному временному интервалу обусловлено наиболее высокой интенсивностью образования продукта окисления адреналина в данный промежуток времени и рекомендациями исследователей [12, 14, 15].

Согласно [13], о наличии антиоксидантной активности сырья свидетельствует величина АОА, превышающая 10 %. Результаты исследования показали, что для водного экстракта значение АОА ниже данного критерия при выбранной продолжительности.

Для свежевыжатого сока зарегистрированы показатели, которые следует отнести к существенному проявлению корнеплодом антиоксидантной активности: при 3-минутной выдержке АОА равна 35,5 %, при 5 мин – 31,2 %. На рисунке представлена динамика оптической плотности адреналинхинона в присутствии сока репы в зависимости от продолжительности эксперимента.

Таким образом, выявлено, что из двух образцов только свежий сок репы обладает выраженной антиоксидантной активностью.



Изменение оптической плотности адреналинхинона при длине волны 347 нм:
I – адреналинхинон; II – адреналинхинон в присутствии сока репы

Заключение. Проведен количественный анализ БАВ репы (*Brassica rapa* L.) сорта «Петровская-1», обладающих восстановительными свойствами. Показано, что содержание в исследуемом сырье глюкорафанина как предшественника сульфорафана является биологически значимым и сравнимым с показателями для других представителей семейства крестоцветных, рекомендуемых как растительное сырье с антиканцерогенным действием. Спектрофотометрическое исследование антиоксидантной активности с использованием модельной реакции аутоокисления адреналина (*in vitro*) позволило выявить, что, в отличие от водного экстракта сухого сырья, свежевыжатый сок *Brassica rapa* L. обладает выраженным антиокислительным эффектом. Проведенные исследования показали, что корнеплод наиболее ценен и полезен как антиоксидант в свежем, термически необработанном виде.

Литература

1. Валентинов Б.Г., Наумова Э.М. Еда, дающая здоровье. – М.: Мир книги, 2007. – 256 с.
2. Всё о лекарственных растениях на ваших грядках / под ред. С. Ю. Раделова. – СПб.: ООО «СЗКЭО», 2010. – 224 с.
3. Terry L.A. Health-promoting properties of fruit and vegetables. – London: UK, 2011. – 417 p. – URL:<http://www.cabi.org/cabebooks/>. ebook/20113328619 (дата обращения: 23.01.2016).
4. Fimognari C., Lenzi M., Hrelia P. Interaction of the isothiocyanatesulforaphane with drug disposition and metabolism: pharmacological and toxicological implications // *Curr. Drug Metab.* – 2008. – Vol. 9 (7). – P. 668–678.
5. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure / Y. Zhang, P. Talalay, C.G. Cho [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 1992. – Vol. 89 (6). – P. 2399–2403.
6. Variation in content bioactive components in broccoli / E.H. Jeffery, A.F. Brown, A.C. Kurilich [et al.] // *J. of Food Composition and Analysis.* – 2003. – Vol. 16 (3). – P. 323–330.
7. Efficacy of some non-conventional herbal medications (sulforaphane, tanshinone IIA, and tetramethylpyrazine) in inducing neuroprotection in comparison with interleukin-10 after spinal cord injury: A meta-analysis / D. Koushki, S. Latifi, A.N. Javidan [et al.] // *J. Spinal Cord Med.* – 2014. – Vol. 38. – P. 13–22.
8. Metabolic effects of sulforaphane oral treatment in streptozotocin-diabetic rats / C.G. de Souza, J.A. Sattler, A.M. de Assis [et al.] // *J. Med Food.* – 2012. – Vol. 15 (9). – P. 795–801.
9. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – Изд. 11-е, доп. – М.: Медицина, 1990. – 440 с.
10. Количественный химический анализ растительного сырья / В.И. Шарков, Н.И. Куйбина, Ю.П. Соловьева [и др.]. – М.: Лесн.пром-сть, 1976. – 76 с.
11. Сравнение методов определения редуцирующих веществ / В.А. Вешняков, Ю.Г. Хабаров, Н.Д. Камакина [и др.] // *Химия растительного сырья.* – 2008. – № 6. – С. 47–50.
12. А.с. 4039931/30-13. Способ определения глюкозинолатов в семенах крестоцветных / Н.С. Осин, П.С. Попов, А.А. Бородулина. – 24.04.1986.
13. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов / С.Р. Хасанова, Т.И. Плеханова, Д.Т. Гашимова [и др.] // *Вестн. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация.* – 2007. – № 1. – С. 163–166.
14. The myrosinase (thioglucosideglucohydrolase) gene family in Brassicaceae / O.P. Thangstad, P. Winge, H. Husebye [et al.] // *Plant Mol. Biol.* – 1993. – Vol. 23 (3). – P. 511–524.
15. Патент № 2144674 (Россия). Способ определения антиоксидантной активности супероксидсмутазы и химических соединений / Т.В. Супота. – 20.01.2000.

Literatura

1. Valentinov B.G., Naumova Je.M. Eда, dajushhaja zdorov'e. – М.: Мир книги, 2007. – 256 s.
2. Vsjo o lekarstvennyh rastenijah na vashih grjadkah / pod red. S. Ju. Radelova. – SPb.: ООО «SZKJeO», 2010. – 224 с.
3. Terry L. A. Health-promoting properties of fruit and vegetables. – London: UK, 2011. – 417 p. – URL:<http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20113328619> (data obrashhenija: 23.01.2016).

4. *Fimognari C., Lenzi M., Hrelia P.* Interaction of the isothiocyanatesul-foraphane with drug disposition and metabolism: pharmacological and toxicological implications // *Curr. Drug Metab.* – 2008. – Vol. 9 (7). – P. 668–678.
5. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure / *Y. Zhang, P. Talalay, C.G. Cho* [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 1992. – Vol. 89 (6). – P. 2399–2403.
6. Variation in content bioactive components in broccoli / *E.H. Jeffery, A.F. Brown, A.C. Kurilich* [et al.] // *J. of Food Composition and Analysis.* – 2003. – Vol. 16 (3). – P. 323–330.
7. Efficacy of some non-conventional herbal medications (sulforaphane, tanshinone IIA, and tetramethylpyrazine) in inducing neuroprotection in comparison with interleukin-10 after spinal cord injury: A meta-analysis / *D. Koushki, S. Latifi, A.N. Javidan* [et al.] // *J. Spinal Cord Med.* – 2014. – Vol. 38. – P. 13–22.
8. Metabolic effects of sulforaphane oral treatment in streptozotocin-diabetic rats / *C.G. de Souza, J.A. Sattler, A.M. de Assis* [et al.] // *J. Med Food.* – 2012. – Vol. 15 (9). – P. 795–801.
9. Gosudarstvennaja farmakopeja SSSR. Vyp. 2. Obshhie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. – Izd. 11-e, dop. – M.: Medicina, 1990. – 440 s.
10. Kolichestvennyj himicheskij analiz rastitel'nogo syr'ja / *V.I. Sharkov, N.I. Kujbina, Ju.P. Solov'eva* [i dr.]. – M.: Lesn.prom-st', 1976. – 76 s.
11. Sravnenie metodov opredelenija reducirujushhih veshhestv / *V.A. Veshnjakov, Ju.G. Habarov, N.D. Kamakina* [i dr.] // *Himija rastitel'nogo syr'ja.* – 2008. – № 6. – S. 47–50.
12. A.s. 4039931/30-13. Sposob opredelenija gljukozinoлатов v semenah krestocvetnyh / *N.S. Osin, P.S. Popov, A.A. Borodulina.* – 24.04.1986.
13. Sravnitel'noe izuchenie antioksidantnoj aktivnosti rastitel'nyh sborov / *S.R. Hasanova, T.I. Plehanova, D.T. Gashimova* [i dr.] // *Vestn. VGU. Ser. Himija. Biologija. Farmacija.* – 2007. – № 1. – S. 163–166.
14. The myrosinase (thioglucosideglucohydrolase) gene family in Brassicaceae / *O.P. Thangstad, P. Winge, H. Husebye* [et al.] // *Plant Mol. Biol.* – 1993. – Vol. 23 (3). – P. 511–524.
15. Patent № 2144674 (Rossija). Sposob opredelenija antioksidantnoj aktivnosti superoksidismutazy i himicheskikh soedinenij / *T.V. Sirota.* – 20.01.2000.

УДК 641.664.8.037.5

Е.Н. Неверов

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РЫБЫ

Е.Н. Neverov

THE USE OF CARBON DIOXIDE FOR COOLING TREATMENT OF FISH

Е.Н. Неверов – канд. техн. наук, доц. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университет), г. Кемерово. E-mail: neverov42@mail

E.N. Neverov – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Heating Ventilation and Air Conditioning, Kemerovo Institute of Technology of Food Industry (University), Kemerovo. E-mail: neverov42@mail

В последние годы в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание совершенствованию методов холодильной обработки рыбы и различным способам ее хранения. При этом внимание акцентируется на поиске новых методов и безопасных рабочих тел для применения в холодильной технике и технологии. Одним из таких способов охлаждения

является метод, основанный на применении эффекта сублимации – перехода CO₂ из твердой фазы в газообразную при температуре минус 78°С. Принцип данного способа охлаждения заключается в нанесении снегообразного диоксида углерода на поверхность рыбы. Для расширения области применения диоксида углерода в промышленности необходимо уде-