

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 антиокислительным 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-

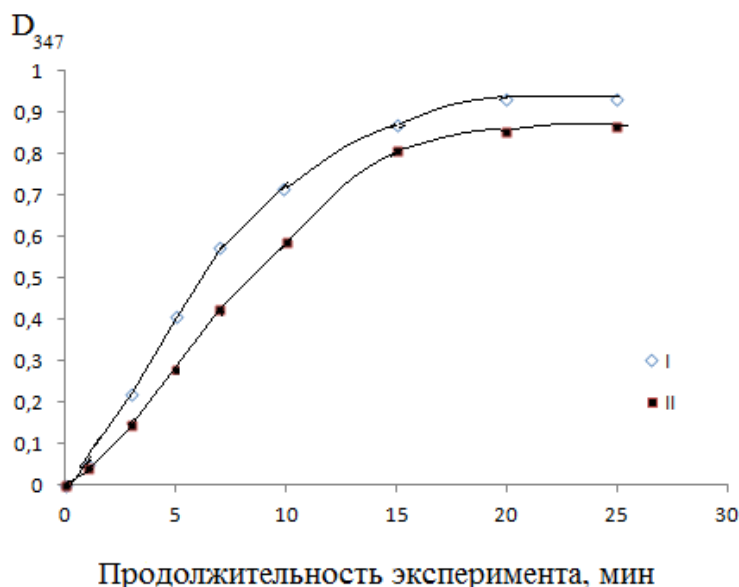
онно заготавливаемом лекарственном растительном сырье полезных свойств.

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 CO_2 из твердой фазы в газообразную при температуре минус 78°C . Принцип данного способа охлаждения заключается в нанесении снегообразного диоксида углерода на поверхность рыбы. Для расширения области применения диоксида углерода в промышленности необходимо уде-