

УДК 543.054

Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья

П. АДАДИ¹, Д. С. ФИЛИПОВА, канд. техн. наук Н. В. БАРАКОВА

¹pariseadadi@gmail.com

Университет ИТМО

*Исследовано влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительной клетки. Произведена экстракция органических пигментов: хлорофиллов и каротиноидов из моркови *Daucus carota* с применением ферментных препаратов Фруктоцима МА, Фруктоцима БЕ, ЦеллоЛюкс-А в различных сочетаниях, в качестве экстрагента использован этиловый спирт. Ферментативную обработку измельченной моркови проводили в течение 24 ч при постоянном перемешивании на шейкере в защищенном от света месте. Получившийся раствор фильтровали на воронке Бюхнера через фильтровальную бумагу и стекловату под вакуумом 0,2 бар с последующей промывкой остатка на фильтре этиловым спиртом. Количественное содержание хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов определяли спектрофотометрически, с использованием спектрофотометра Agilent Cary 60 UV-Vis (Agilent MY15510018, США) с полимерной кюветой при длине волны 300–700 нм. В результате проведенных экспериментов было установлено, что решающую роль на выход хлорофиллов сыграл Фруктоцим МА, а на выход каротиноидов – ЦеллоЛюкс-А в сочетании с Фруктоцим МА и Фруктоцим БЕ. Была, также, установлена обратная корреляция между выходом каротиноидов и хлорофиллов. Полученные результаты рекомендуется учитывать при разработке технологий получения биологически активных добавок, содержащих такие важные компоненты, как хлорофиллы и каротиноиды, применяемые как мощное антиоксидантное и антиканцерогенное средство, а также в качестве натуральных красителей.*

Ключевые слова: пигменты растительного сырья, хлорофиллы, каротиноиды, ферментные препараты, экстрагирование органических пигментов.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 25.12.2018, принята к печати 28.02.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования:

Адади П., Филиппова Д. С., Баракова Н. В. Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья // Вестник Международной академии холода. 2019. № 1. С. 64–68.

The effect of enzyme preparations on extracting the pigments from plant raw materials

P. ADADI¹, D. S. FILIPPOVA, Ph. D. N. V. BARAKOVA

¹pariseadadi@gmail.com

ITMO University

*The article concerns the effect of enzyme preparations on extracting the pigments from plant cell. Extraction was performed for the following organic pigments: chlorophylls and carotenoids from carrots *Daucus carota* using Fructocime MA, Fructozyme BE, and CelloLux-A enzyme preparations in various combinations and ethanol as the extractant. The enzymatic treatment of the chopped carrot was performed for 24 hours with constant agitation on the shaker in the dark place. The resulting solution was filtered on a Buchner funnel through filter paper and glass wool under a vacuum of 0.2 bar, followed by washing the residue on the filter with ethyl alcohol. The quantitative content of chlorophyll-a, chlorophyll-b, and carotenoids was determined spectrophotometrically using an Agilent Cary 60 UV-Vis spectrophotometer (Agilent MY15510018, USA) with a polymer cuvette at the wavelength of 300–700 nm. As a result of the experiments it was found that Fructozym® MA played a decisive role in the yield of chlorophylls, and cellulase-A in combination with Fructozym® MA and Fructozym® BE — in the yield of carotenoids. An inverse correlation between the yield of carotenoids and chlorophylls was also established. The results obtained are recommended to be taken into account when developing technologies for the production of biologically active additives containing such important components as chlorophylls and carotenoids used as powerful antioxidant and anticarcinogenic agents, as well as natural dyes.*

Keywords: pigments of plant raw materials, chlorophylls, carotenoids, enzyme preparations, extraction of organic pigments.

Article info:

Received 25/12/2018, accepted 28/02/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68

Article in Russian

For citation:Adadi P., Filippova D. S., Barakova N. V. The effect of enzyme preparations on extracting the pigments from plant raw materials. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 1. p. 64–68.**Введение**

Царство растений синтезирует многочисленные классы пигментов, полезных для здоровья человека. Основные классы пигментов: хлорофиллы (зеленые), каротиноиды (желтые, оранжевые и красные), антоцианы (красные, синие или фиолетовые), беталаины (красно-фиолетовые). Причины диверсифицирования каротиноидов — это источник сырья, состояние окружающей среды, при которой растительные материалы культивируются и т. д. Хлорофиллы представляют собой порфирины, которые содержат четыре тетрапиррола в четырех кольцах, из которых один восстановленный. Ион Mg^{2+} используется для синхронизации колец, третье пиррольное кольцо находится вблизи изоциклического кольца (кольцо E). Среди пигментов хлорофилл широко распространен, он является движущей силой для фотосинтеза [1]. Единственная разница между хлорофиллом *b* и хлорофиллом *a* заключается в том, что хлорофилл *a* имеет альдегидную группу (-CHO) вместо метильной группы в положении 3 [2]. Каротиноиды являются естественными пигментами, которые проявляют гетерогенные цвета от желтого до красного в зависимости от их химической структуры [3]. Они широко распространены в растениях и фруктах, и более 60 различных каротиноидов были идентифицированы в продуктах растительного происхождения, потребляемых человеком [4, 5]. На состав каротиноидов, как утверждают авторы статей [1, 6, 7], влияют сорт или разновидность моркови, часть потребляемого растения, этап зрелости, климат или географическое место производства, сбор урожая и послеуборочная обработка, переработка и хранение.

Также заметим, что некоторые виды микроводорослей (*Chlorella*, *Spirulina* и *Dunaliella*), плесени (*Blakeslea trispora*) и бактерии (*Corynebacterium glutamicum*) синтезируют эти каротиноиды, которые экстрагируются либо ферментативными, либо обычными способами. Красная и розовая окраска некоторых насекомых, рыб семейства лососевых, фламинго, креветок обусловлены содержанием в их пище каротиноидов [8].

Каротиноиды играют жизненно важную роль в минимизации риска заболеваний у людей, таких как рак, сердечно-сосудистые заболевания и т. д. Каротиноиды служат источником витамина А, антиоксидантов, а также обладают способностью усиления иммунитета [9, 10, 11].

Все существующие на сегодняшний момент способы извлечения каротиноидов и хлорофиллов из растительного сырья в большинстве своем основаны на прямой экстракции целевого компонента маслом или органическими растворителями [12]. Применение пигментов в функциональных продуктах питания и биологически активных добавках, рождает спрос на каротиноиды без следов экстрагирующего растворителя. Общеустанов-

ленный способ извлечения каротиноидных пигментов обычно приводит к загрязнению конечных продуктов следами экстракционных растворителей. Некоторые из используемых растворителей не являются безопасными и могут поставить под угрозу иммунную систему, провоцируя иммунологическую толерантность.

Сложность извлечения пигментов из растительного сырья заключается в том, что в растительном сырье они содержатся в особых внутриклеточных образованиях — пластидах, расположенных в цитоплазме клетки и соединенных с различными биополимерами — белками, пектинами и т. д. На данный момент установлено, что обработка измельченных томатов и других видов растительного сырья ферментными препаратами с активностями целлюлазы, пектиназы, протеазы значительно повышает в дальнейшем степень экстракции каротиноидов [13].

Цели и задачи исследования

Целью данной работы явилось исследование эффективности применения ферментных препаратов для извлечения каротиноидов и хлорофиллов из растительного сырья. В задачу исследования входило оптимизированное комбинирование ферментных препаратов Фруктоцима МА, Фруктоцима БЕ и ЦеллоЛюкс-А в сочетании с Фруктоцим МА и Фруктоцим БЕ для извлечения каротиноидных пигментов из моркови.

В данной работе был предложен новый способ экстракции каротиноидов и хлорофиллов с помощью ферментных комплексов и использованием этанола в качестве растворителя. Выбор этанола обусловлен тем, что он не является опасным веществом, как другие растворители, используемые во время экстракции [14].

Материалы и методы

Основными источниками каротиноидов являются фрукты и овощи. Особое положение среди них занимает морковь, являющаяся источником практически исключительно α , β , γ -каротина. Согласно литературным источникам, большую часть каротиноидов моркови составляют β -каротины, α -каротины составляют 10–40% и доля γ -каротина (лютеина) не превышает 1–5% [13].

Для проведения экспериментов использовалась морковь *Daucus carota*, в очищенные и тонко измельченные плоды которой вносились ферментные препараты Фруктоцима МА, Фруктоцима БЕ и ЦеллоЛюкс-А в различных сочетаниях.

В экспериментах участвовали ферментные препараты Фруктоцим МА (МА), Фруктоцим БЕ (БЕ) производства «ERBSLÖH» Geisenheim (Германия) и ЦеллоЛюкс-А (Ц) — «Сиббиофарм» (Россия), характеристика которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика ферментных препаратов

Table 1

The characteristics of enzyme preparations

Наименование	α -амилаза, АС	Протеаза, ПС	Экзо- β -глюко-наза, β -ГС	Пектиназа, ПкС	Эндо-полигалак-туроназа, ПкС	Ксиланаза, КС	Целлюлаза, ЦС
Фруктоцим БЕ	4	—	—	9	87	7	43
Фруктоцим МА	4	—	42	14	212	11	88
ЦеллоЛюкс-А	—	—	200	—	—	4500	1750

Тщательно отобранной 50 г измельченной моркови помещали в колбы. В каждую колбу добавляли 0,2 мл ферментов в следующих вариациях: БЕ, МА, БЕ+МА, БЕ+МА+Ц, МА+Ц, контроль (без ферментов). Затем в каждую колбу добавляли дистиллированную воду (10 мл) для увеличения площади поверхности с целью проведения ферментативных реакций. Образцы интенсивно перемешивали на механическом шейкере в течение 24 ч при комнатной температуре, в защищенном от света месте.

После 24 ч ферментативной реакции, получившийся раствор фильтровали с помощью фильтровального слоя, который был приготовлен на фарфоровой воронке Бюхнера. Фильтровальный слой состоял из фильтра № 1 (фильтровальная бумага), затем слой стекловаты URSA, далее еще один фильтр № 1 (фильтровальная бумага). Смесь фильтровалась через фильтровальные слои под вакуумом 0,2 бар. Водорастворимые пигменты были первым фильтратом, который затем сливается. Воронку Бюхнера с оставшимся фильтратом промывали 250 мл этанола (95%). Промывка повторялась до тех пор, пока фильтрат не приобрел серый оттенок.

Пигменты — хлорофилл a (C_a), хлорофилл b (C_b), каротиноиды (C_{x+c}) — были количественно определены спектрофотометрически с использованием спектрофотометра AgilentCary 60 UV-Vis (Agilent MY15510018, США) при длине волны 300–700 нм. Концентрации пигментов вычисляли согласно уравнениям, указанным [15] (табл. 2).

Полученные данные были статистически проанализированы с использованием одностороннего дисперсионного анализа. Эксперимент повторяли дважды. Проверка приемлемости результатов испытаний, полученных при значении 5%, проводилась методом группирования выборок с наименее значимой разницей. Результаты были представлены как со средним, так и со стандартным от-

клонением. Все прикладные статистические методы были рассчитаны с использованием статистического программного обеспечения OriginPro.

$$C_a = 13,36A_{664} - 5,19A_{649};$$

$$C_b = 27,43A_{649} - 8,12A_{664};$$

$$C_{x+c} = (100A_{470} - 2,13C_a - 97,63C_b) / 209,$$

где C_a — концентрация хлорофилла А; C_b — концентрация хлорофилла В; C_{x+c} — концентрация каротиноидов; A_{664} — абсорбция на длине волны 664 нм; A_{649} — абсорбция на длине волны 649 нм, A_{470} — абсорбция на длине волны 470 нм.

Результаты и обсуждение

Результаты экспериментов по определению содержания пигментов, экстрагированных из моркови, показали, что наибольшее содержание хлорофилла a и b было $1,61 \pm 0,04$ и $3,02 \pm 1,26$, соответственно. Самые низкие показатели составляли $0,53 \pm 0,45$ и $0,42 \pm 0,26$. Максимальный выход каротиноидов составил $3,44 \pm 0,31$, тогда как самый низкий показатель был зафиксирован как $0,4866 \pm 0,22$.

Из данных табл. 2 видно, что более низкое содержание хлорофилла присутствует в образцах с наибольшим содержанием каротиноидов. В этом исследовании наблюдается обратная корреляция между хлорофиллами и каротиноидами. Происходит изменение количества хлорофилловых пигментов в образце, так как хлорофилл b ($3,02 \pm 1,26$) увеличивает хлорофилл a ($1,61 \pm 0,04$). Очевидно, что МА сыграл решающую роль в разрушении клеточной стенки, внутри которых эти хлорофиллы встроены. Это обусловлено тем, что обработка препаратом МА показала наибольшее извлечение хлорофиллов. Кроме того, гидролиз сложных эфиров не был осуществ-

Таблица 2

Концентрация хлорофилла a (C_a), хлорофилла b (C_b), каротиноидов (C_{x+c}) моркови

Table 2

Concentrations of chlorophyll a (C_a), chlorophyll b (C_b), and carotenoids (C_{x+c}) in carrot

Наименование ферментного препарата	Наименование пигмента		
	Хлорофилл a , мг/дм ³	Хлорофилл b , мг/дм ³	Каротиноиды, мг/дм ³
БЕ	$0,53 \pm 0,45$	$1,36 \pm 1,18$	$1,35 \pm 0,07$
МА	$1,61 \pm 0,04$	$3,02 \pm 1,26$	$2,26 \pm 0,16$
БЕ+МА	$0,55 \pm 0,51$	$1,38 \pm 1,30$	$2,66 \pm 0,15$
БЕ+МА+Ц	$0,16 \pm 0,10$	$0,42 \pm 0,26$	$3,44 \pm 0,31$
МА+Ц	$1,46 \pm 0,60$	$3,47 \pm 0,16$	$1,84 \pm 0,03$
Контроль	$0,55 \pm 0,45$	$1,37 \pm 0,32$	$0,48 \pm 0,22$

влен, и это также могло бы объяснить высокое содержание хлорофиллов.

Клеточная стенка моркови состоит из пектина (галактуронанов, рамногалактуронанов, арабинов, галактанов и арабиногалактанов-1), целлюлозы (β -4, D-глюкана), лигнина (транс-конифериловый спирт, транс-синапиловый спирт и транс-п-кумариловый спирт) и гемицеллюлозы (ксиланы, глюкуроноксиланы β -D-глюканы и ксилоглюканы), в которых размещены пигменты (каротиноиды и хлорофиллы) [16]. Активные ферменты разрушают клеточную оболочку, тем самым освобождая каротиноиды и хлорофиллы для экстракции. Согласно [17] целлюлаза и пектиназа гидролизуют пектин и целлюлозу, высвобождают каротиноиды из клеточной стенки и повышают эффективность экстракции. Комбинация 0,2 мл/50 г МА, 0,2 мл/50 г БА и 0,2 мл/50 г целлюлазы, максимальный выход каротиноидов с последующим добавлением 0,2 мл/50 г МА, 0,2 мл/50 г ВА, тогда как 0,2 мл/50 г МА показало третий по эффективности результат. Эти ферменты полностью разрушают клеточную стенку, освобождая пигменты. Целлюлаза оказала значительное влияние на выход пигментов. Это можно подтвердить, сравнив образцы без целлюлазы (0,2 мл/50 г МА, 0,2 мл/50 г БА). Тем не менее, вклад каждого фермента нельзя игнорировать. Поэтому возможно повысить их производительность при изменении условий (рН, концентрация ферментов и т. д.), необходимых для оптимальной активности каждого фермента.

Образцы без ферментов (контроль) показывают минимальное содержание извлечения каротиноидов. Гидролиз клеточной оболочки не происходил, следовательно, пигменты сохранили целостность внутри клетки. Однако, количественное содержание хлорофиллов, не является минимальным. Это можно объяснить тем фактом, что некоторые хлорофиллы присутствуют вне клеточной стенки моркови, которая была растворена применением этанола. Более того, метод разрушения клеток путем измельчения моркови довольно эффективен для процесса извлечения хлорофиллы из пластид. Хлорофиллы является добавкой с номером Е (Е140) и имеет множество применений в пищевых продуктах и напитках в качестве красителя и биологически активных добавок.

Ферментативный комплекс МА не дал лучшие показатели по извлечению каротиноидов, поэтому рекомендуется комбинировать два или более ферментов, при экстракции каротиноидных пигментов. Выход каротиноидов в настоящем исследовании мог бы увеличиться в 2 раза, если бы производился контроль рН, так как ферменты очень чувствительны к незначительному изменению рН.

Выводы

В настоящий момент имеется недостаточное количество литературных данных о применении ферментов для извлечения пигментов (хлорофиллов и каротиноидов). В данном исследовании был успешно использован ферментативный метод экстракции пигмента из моркови. Было отмечено, что концентрация пигментов варьируется в зависимости от обработки ферментов. Комбинация ферментов МА, ВЕ и целлюлазы показала лучший выход каротиноидов. В то время как экстрагируемость с МА

и МА+целлюлаза давала больший выход хлорофилла *a* и хлорофилла *b* соответственно. Экстрагированные пигменты могут использоваться в многочисленных областях: разработка функциональных продуктов (каротиноидов), добавление к мороженому, кефиру, йогурту, напиткам, шоколаду и т. д.

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментов, говорят об эффективности обработки измельченной моркови ферментными препаратами. Направление дальнейших исследований предполагает проведение работ по разработке ранее не известных технологий извлечения каротиноидов из моркови с новыми технологическими и экономическими показателями.

Литература/References

- Gross J. Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. Van Nostrand Reinhold, 1991. 360 p.
- Strain H. H., Manning W. M. Isomerisation of chlorophylls a and b. *Journal of Biological Chemistry*. 1942, pp. 275–276.
- Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. *Carotenoids*. Birkhäuser Basel, Basel, 2004. 626 p.
- Khachik F., Goli M. B., Beecher G. R., Holden J., Lusby W. R., Tenorio M. D., Barrera M. R. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1992, no. 40 (3), pp. 390–398. DOI: 10.1021/jf00015a006
- Bauernfeind J. C. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1972, 20 (3), pp. 456–73. DOI: 10.1021/jf60181a003
- Rodriguez-Amaya D. B. *A guide to carotenoid analysis in foods*. ILSI press, Washington, 1993. 64 p.
- Lau, W. K., Van Chuyen, H., Vuong, Q. V. Physical Properties, Carotenoids and Antioxidant Capacity of Carrot (*Daucus carota* L.) Peel as Influenced by Different Drying Treatments. *International Journal of Food Engineering*. 2018. 14 (3), 20170042.
- Pfander H. Carotenoids: An overview. *Methods Enzymol*, 1992, pp. 3–13. DOI: 10.1016/0076–6879 (92) 13105–7
- Beydoun, M. A., Chen, X., Jha, K., Zonderman, A. B., Canas, J. A. Carotenoids, vitamin A, and their association with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition reviews*. 2019. 77 (1), p. 32–45.
- Krinsky N. I., Johnson E. J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Mol Aspects Med*, 2005, no. 6 (26), pp. 459–516. DOI: 10.1016/j.mam.2005.10.001
- Xavier, A. A. O., Pérez-Gálvez, A. Carotenoids as a source of antioxidants in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. 64 (26), p. 5410–5416.
- Кураган А. Г., Печинский С. В. Получение каротиноидов из растительного сырья. Материалы международной научно-практической заочной конференции «Современная медицина: актуальные вопросы». Новосибирск, 29 июля 2013. [Kuragyan, A. G., Pechinsky S. V. Obtaining carotenoids from plant material. Materials of the international scientific and practical conference “Modern medicine: topical issues”. Novosibirsk, July 29, 2013. (in Russian)]
- Колганова Т. В. Разработка способов получения комплексных препаратов каротиноидов из растительного сырья: дис... канд. техн. наук: 05.18.18 / Колганова Татьяна Владимировна. — Москва, 1999. 160 с. [Kolganova T. V. Development

- of methods for obtaining complex preparations of carotenoids from vegetable raw materials: dissertation PhD: 05.18.18/ Kolganova Tatiana. Moscow, 1999. 160 p. (in Russian)]
14. Adadi P., Barakova N. V., Krivoshapkina E. F. Selected methods of extracting carotenoids, characterization and health concern: a Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018, no. 66, pp. 5925–5947. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b01407
 15. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV–VIS Spectroscopy. In: Wrolstad R. E., Acree T. E., An H., Decker E. A., Penner M. H., Reid D. S., Schwartz S. J., Shoemaker C. F., Sporns P. (Eds). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA)*, John Wiley and Sons, New York, 2001, F4.3.1-F4.3.8.
 16. Lineback, D. R. *The Chemistry of Complex Carbohydrates*. Marcel Dekker, New York, 1999. 41 p.
 17. Çinar I. Effects of cellulase and pectinase concentrations on the colour yield of enzyme extracted plant carotenoids. *Process Biochemistry*. 2005. no. 2 (40), 945–949. DOI: 10.1016/j.procbio.2004.02.022.

Сведения об авторах

Адади Парисе

аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, инженер химико-биологического кластера Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, pariseadadi@gmail.com

Баракова Надежда Васильевна

к. т. н, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, n.barakova@mail.ru

Филиппова Дарья Сергеевна

магистрант факультета пищевых биотехнологий и инженерии Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, n.barakova@mail.ru

Information about authors

Adadi Parise

Postgraduate student of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, engineer of ChemBio Cluster of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, pariseadadi@gmail.com

Barakova Nadezhda Vasilievna

Ph. D., Associate professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, n.barakova@mail.ru

Filippova Daria Sergeevna

Undergraduate of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, n.barakova@mail.ru



28 Международная агропромышленная выставка-ярмарка
АГРОРУСЬ-2018

**Выставка «АГРОРУСЬ» проводится
10–12 июля 2019 г.**

**Ярмарка региональных продуктов «АГРОРУСЬ»
17–25 августа 2019 г.**

Выставка «АГРОРУСЬ» – крупнейшая выставочная площадка России для демонстрации возможностей малых форм хозяйствования АПК, обмена опытом и обсуждения перспектив развития отрасли.

На выставке представлены почти все регионы России и порядка 20 стран с лучшими продовольственными товарами и достижениями местного сельского хозяйства.

ВЫСТАВКА. РАЗДЕЛЫ:

- ✓ Растениеводство сельскохозяйственных культур
- ✓ Средства защиты растений. Агрехимия
- ✓ Животноводство. Корма и комбикорма. Ветеринария
- ✓ Продукты питания.
Напитки (Кухня регионов «От поля до прилавка»)
- ✓ Услуги для АПК. Научное обеспечение. Управление

<http://agrorus.expoforum.ru/>

Организатор выставки-ярмарки:

Министерство сельского хозяйства РФ,
при официальной поддержке Правительств
Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Контакты:

Габучия Екатерина
Тел./факс: +7 (812) 240-40-40, доб.2235
E-mail: e.gabuchiya@expoforum.ru,

Место проведения:

КВЦ «Экспофорум»

Адрес дирекции:

Петербургское шоссе 64, корпус 1,
конгресс-центр, ЭКСПОФОРУМ