

Бударина О.В., Сковронская С.А., Вальцева Е.А., Додина Н.С.

Влияние одориметрических характеристик пищевых ароматизаторов на показатели физиологического состояния человека

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. В статье проведен анализ воздействия запахов различного характера и силы в экспериментальных условиях на показатели сердечно-сосудистой системы и функциональное состояние человека для актуализации объективных и информативных методов оценки ранних изменений в организме, обусловленных неблагоприятным влиянием пахучих веществ.

Материал и методы. Заданные концентрации пищевых ароматизаторов (апельсинового, коньячного и кофейного) подавались участникам исследований с помощью ольфактометра ЕСОМА T08. Состав аэрозолей контролировали методом хромато-масс-спектрометрии. Физиологические показатели волонтеров оценивались путём измерения артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и расчётом индекса функциональных изменений (ИФИ).

Результаты. В эксперименте с запахом, характеризуемом как «приятный», у участников исследования обнаружено статистически значимое снижение ЧСС и диастолического АД при воздействии максимально осязаемых концентраций летучих веществ ароматизатора по отношению к исходному состоянию: $p_{1-3} = 0,001$ и $p_{1-3} = 0,003$ соответственно. При этом достоверное снижение ИФИ определилось уже при пороговых концентрациях ароматизатора ($p < 0,01$), указывая на благоприятное действие запаха и повышение уровня адаптационных возможностей организма. По результатам исследования запаха, идентифицированного как неприятный, выявлено достоверное снижение систолического АД ($p_{1-2} = 0,011$), но только при воздействии пороговой концентрации, когда запах ещё не приобрёл навязчивого, раздражающего характера.

Ограничения исследования. Отсутствие стандартизированных методов воздействия, влияние индивидуальных пристрастий и прошлого опыта на вызванные запахом эффекты.

Заключение. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы могут быть использованы в качестве одних из критериев оценки рефлекторного ответа организма на воздействие загрязнения окружающей среды в районах размещения предприятий – источников запаха, в том числе пищевых производств. Особенную актуальность вопрос о проведении такой оценки приобретает для выбросов, обладающих преимущественно «приятным» запахом, поскольку зачастую ставится под сомнение их способность вызывать раздражение, а, следовательно, и оказывать негативное влияние на здоровье и качество жизни населения.

Ключевые слова: запах; пищевые ароматизаторы; ольфакто-одориметрия; частота сердечных сокращений; артериальное давление; индекс функциональных изменений

Соблюдение этических стандартов. На проведение исследований было получено согласие локального этического комитета ФГБУ «ЦСП» ФМБА России (протокол № 3 от 17.08.2020 г.).

Для цитирования: Бударина О.В., Сковронская С.А., Вальцева Е.А., Додина Н.С. Влияние одориметрических характеристик пищевых ароматизаторов на показатели физиологического состояния человека. *Токсикологический вестник*. 2024; 32(5): 292–300. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2024-32-5-292-300>

Для корреспонденции: Бударина Ольга Викторовна, e-mail: budarina.ov@fncg.ru

Участие авторов: Бударина О.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование. Сковронская С.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование. Вальцева Е.А. – обработка материала, написание текста, редактирование. Додина Н.С. – сбор и обработка материала, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Благодарность. Авторы выражают благодарность доктору биологических наук, ведущему научному сотруднику ФГБУ «ЦСП» ФМБА России Фаине Исааковне Ингель за помощь в организации проведения исследований изменений самочувствия, активности и настроения участников в ходе эксперимента (по тестовой карте САН).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила в редакцию: 30 августа 2024 / Принята в печать: 20 сентября 2024 / Опубликовано: 30 октября 2024

Olga V. Budarina, Svetlana A. Skovronskaya, Elena A. Valtseva, Natalia S. Dodina

The influence of food flavors' odorimetric characteristics on the indicators of human physiological state

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman» of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytitschi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The purpose of the study is to analyze the effects of odours of various nature and strength in experimental conditions on the parameters of the cardiovascular system and the person's functional state in order to update objective and informative methods for assessing early changes in the body due to the adverse effects of odorous substances.

Material and methods. The specified concentrations of food flavors (orange, cognac and coffee) were supplied to the participants of the study using an ECOMA T08 olfactometer. The composition of the aerosols was controlled by chromatography-mass spectrometry. The physiological parameters of the volunteers were assessed by measuring blood pressure, heart rate and calculating the index of functional changes (IFC).

Results. In an experiment with an odour characterized as "pleasant", the study participants found a statistically significant decrease in heart rate and diastolic blood pressure when exposed to the maximum noticeable concentrations of volatile substances of the flavor relative to the initial state: $p_{1-3}=0,001$ and $p_{1-3}=0,003$, respectively. At the same time, a significant decrease in IFC was determined already at the threshold concentrations of the flavor ($p<0,01$), indicating a favorable effect of the odour and increasing the level of adaptive capabilities of the body. According to the results of the odour identified as "unpleasant", a significant decrease in systolic blood pressure ($p_{1-2}=0,011$) was revealed, but only when exposed to a threshold concentration, when the odour has not yet acquired an "intrusive", "annoying" character.

Limitations. The lack of standardized methods of exposure, the influence of individual preferences and past experience on odour-induced effects.

Conclusion. Indicators of the functional state of the cardiovascular system can be used as one of the criteria for evaluating the body's reflex response to environmental pollution in areas where odour-producing enterprises, including food production, are located. The issue of conducting such an assessment is particularly relevant for emissions with a predominantly "pleasant" odour, since their ability to cause annoyance and, consequently, to have a negative impact on the health and quality of life of the population is often questioned.

Keywords: odour; food flavors; olfacto-odorimetry; heart rate; blood pressure; index of functional changes

Compliance with ethical standards. The consent of the local ethics committee of the Federal State Budgetary Institution "CSP" of the FMBA of Russia was obtained for conducting research (Protocol No. 3 dated 08/17/2020).

For citation: Budarina O.V., Skovronskaya S.A., Valtseva E.A., Dodina N.S. The influence of food flavors' odorimetric characteristics on human physiological state indicators. *oksikologizheskiy vestnik / Toxicological Review*. 2024; 32(5): 292–300. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2024-32-5-292-300>

For correspondence: Olga V. Budarina, e-mail: budarina.ov@fncg.ru

Contribution of the authors: Budarina O.V. – the concept and design of the study, writing the text, editing; Skovronskaya S.A. – concept and design of research, collection and processing of material, writing text, editing; Valtseva E.A. – material processing, text writing, editing; Dodina N.S. – collection and processing of material, editing. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to Faina Ingel, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Institution "SPC" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, for her help in organizing studies of changes in the well-being, activity and mood of participants during the experiment (according to the SAN test card).

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Accepted: August 30, 2024 / Received: September 20, 2024 / Published: October 30, 2024

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды сложными многокомпонентными выбросами предприятий, в частности пищевой промышленности, является одной из актуальных на сегодняшний день. Не являясь опасными с точки зрения санитарного законодательства, тем не менее, они могут существенно влиять на загрязнение атмосферного воздуха специфическими пахучими компонентами выбросов и, как следствие, значительно ухудшать качество жизни населения в районах размещения этих производств [1–3].

Результаты экспериментальных исследований, выполненных в различных странах, показывают, что запахи в определённых ситуациях могут не только создавать неблагоприятные условия жизнедеятельности человека, но и напрямую влиять на его физиологические, эмоциональные и когнитивные показатели, такие как частота сердечных сокращений (ЧСС), вариабельность сердечного ритма, артериальное давление (АД), частота дыхательных движений, реакция кожной проводимости, сон, самочувствие, настроение, работоспособность и др. [4–7]. При этом установлено, что ответные реакции организма зависят как от интенсивности и гедонического тона (то есть приятности/неприятности) запахов, химической структуры одоранта, так и от индивидуальных особенностей человека, в частности наличия прошлого опыта, связанного с восприятием запахов [4, 5].

По данным, представленным в литературе, при всей неоднозначности и многоплановости влияния запахов на физиологические показатели организма можно отметить ряд общих тенденций и закономерностей. В частности, в большинстве исследований отмечается диаметрально противоположное влияние приятных и неприятных запахов на физиологические показатели. Воздействие неприятных запахов активизирует симпатическую нервную систему, соответственно наблюдается увеличение ЧСС, возрастает частота дыхательных движений, повышается кровоток кожи, увеличивается её проводимость. На эмоциональном уровне отмечаются реакции гнева и отвращения, появляется чувство дискомфорта с мотивацией к избеганию. При воздействии приятных запахов происходит активация парасимпатической нервной системы, уменьшается ЧСС, снижается частота дыхательных движений, уменьшается кожная проводимость и кровоток кожи. Улучшаются когнитивные функции, повышается качество решения задач, снижается концентрация внимания, у человека улучшается

настроение, появляется ощущение счастья [5]. Так, в экспериментальных исследованиях ЧСС волонтеров снижалась при вдыхании приятного запаха лаванды по сравнению с контрольным состоянием, в то же время неприятные запахи (например, лимбургского сыра, пиридина, уксусной кислоты) с большей вероятностью вызывали увеличение ЧСС [4, 5, 8–13].

Результаты исследований, посвященных влиянию запаха на АД очень разнообразны и не столь однозначны. При исследованиях воздействия приятных запахов обнаружено, что систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД) снижались при вдыхании ароматизированного эфирного масла лаванды и сладкого майорана по сравнению с контрольным состоянием [11, 12]. Вдыхание аромата розового масла или масла пачули привело к снижению САД примерно на 40% по сравнению с контролем [14]. Напротив, вдыхание ароматизированных эфирных масел (перец, эстрагон, масло фенхеля) вызывало увеличение САД, а масла грейпфрута – увеличение ДАД [14]. Воздействие таких одорантов, как карвон, лимонен, розмарин и сандаловое масло приводило к повышению АД, в то время как цитрусовый бергамот, лимон и альфа-санталол не оказывали никакого эффекта [4]. Для запаха лаванды, в одном исследовании было показано уменьшение САД и ДАД, в то время как в двух других не выявлено никакого значимого влияния на АД, однако отмечен рост коронарной циркуляции [5]. Что касается неприятных запахов, то запах сигаретного пепла и тухлого яйца вызывали различные реакции АД, при этом не выявлено четкой взаимосвязи между дискомфортом от запаха и показателями АД [4].

При всем многообразии проводимых экспериментов по оценке воздействия запаха различного характера известно лишь о немногочисленных натуральных исследованиях функциональных показателей населения, непосредственно проживающего в районе размещения предприятий – источников выбросов пахучих веществ. Так, в работе Wing S. и соавт. [15] показано, что повышение воспринимаемой интенсивности запаха свиноферм коррелирует с ДАД ($t=3,02$) и, в меньшей степени, САД ($t=0,86$) жителей. Авторы предположили, что потенциальным медиатором изменений АД, связанным с запахом, может быть стресс.

Таким образом, исследования физиологического статуса как одного из показателей адаптивного ответа организма на внешние воздействия может иметь важное значение для выявления состояний, характеризующихся преоблада-

нием неспецифических изменений в организме, и оценки риска неблагоприятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха, в том числе пахучими веществами.

Учитывая вышеизложенное, *цель данного исследования* – определить, может ли воздействие запахов разного характера и силы в условиях эксперимента приводить к изменению показателей сердечно-сосудистой системы (ЧСС и АД) и функционального состояния участников. Поскольку это исследование моделировало влияние сложных запахов на организм человека в районах размещения пищевых предприятий, то в качестве объекта были выбраны модельные смеси, имитирующие многокомпонентные выбросы этих производств (пищевые ароматизаторы).

С целью оптимизации проведения экспериментальных исследований в нашей работе были учтены рекомендации [4], по одновременной оценке, объективных физиологических и субъективных эмоциональных реакций, что должно обеспечить формирование комплексной картины реакции организма человека на воздействие запахов.

Материал и методы

Изучение влияния запаха различного характера и силы на состояние сердечно-сосудистой системы человека состояло из одного подготовительного и трех основных экспериментов. На подготовительном этапе проведено определение индивидуальной чувствительности и стабильности участников исследования по эталонному веществу (н-бутанолу) согласно Европейскому стандарту EN 13725 «Измерение концентрации запаха методом динамической ольфактометрии» [16].

Для проведения исследования сформирована группа участников, которая состояла из десяти человек в возрасте от 26 до 62 лет. Критерии включения в группу: индивидуальная чувствительность участников (порог ощущения запаха – от 0,06 до 0,25 мг/м³ по н-бутанолу), подписанное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: наличие гипертонической болезни и болезней органов дыхания, сопровождающихся аллергическими реакциями и влияющих на обонятельную чувствительность.

Каждый из трех основных экспериментов проводился по единому плану – один раз в неделю участники исследования проходили ольфактометрические процедуры с одним конкретным выбранным запахом (первый – вещество с приятным запахом; второй – вещество с неприятным запахом; третий – вещество с нейтральным запахом).

Группой экспертов, отобранных согласно Европейскому стандарту EN 13725, предварительно была проведена качественная оценка ряда пищевых ароматизаторов с точки зрения приятности или неприятности запаха, то есть изучен диапазон их «гедонического тона». По результатам оценки в качестве исследуемых смесей были выбраны ароматизаторы «апельсин» (приятный запах), «коньячный» (неприятный запах) и «кофе»¹ (нейтральный запах, а также как модельная смесь, имитирующая выбросы кофейного производства). Подаваемые в исследовании концентрации не превышали ПДК пищевых ароматизаторов для атмосферного воздуха² и находились на уровнях существенно ниже порогов резорбтивного действия компонентов, входящих в состав ароматизаторов.

В процессе реализации каждого из трех основных экспериментов участникам последовательно подавались в возрастающем порядке 2 серии концентраций анализируемого запаха: первая серия начиналась с неощутимых и заканчивалась пороговыми концентрациями смеси летучих компонентов ароматизаторов; вторая серия – с неощутимых до максимально достижимых концентраций. Заданные концентрации исследуемых ароматизаторов подавались участникам с помощью динамического ольфактометра ЕСОМА Т08 (Германия).

Для ольфакто-одориметрической оценки жидкие смеси ароматизаторов в количестве 1 мкл вводились микрошприцем в наполненный чистым воздухом мешок из налофана (объемом 10 л), который затем подсоединялся к ольфактометру. С каждым ощущением запаха участники исследования должны были нажать на приборе кнопку «да, есть запах», затем отмечать в своем протоколе интенсивность ощущаемого запаха (по шкале от 1 до 5 баллов).

Качественный и количественный состав смесей ароматизаторов в воздушной среде мешка были определены хромато-масс-спектроскопическим методом на приборе Agilent 7890А.

Физиологические показатели волонтеров в ответ на воздействие запахов оценивались путём трехкратного измерения АД и ЧСС: до начала, между сериями и после окончания последней серии разведений, в соответствии с «Методикой

¹ Использовали растворимый кофе, разведённый в воде.

² Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 1 / Table 1

Результаты хромато-масс-спектроскопического анализа воздушной среды с ароматизаторами
Results of chromatography-mass spectroscopic analysis of air environment with flavorings

Вещество	Концентрация ароматизаторов, мг/м ³		
	«Апельсин»	«Кофе»	«Коньячный»
Лимонен	3,17	<0,001	0,002
Цитраль	0,43	0,02	0,002
Цитронеллол	0,18	0,01	0,003
Борнеол	0,27	0,009	0,01
Ментол	0,19	0,003	0,007
Неролидол	0,15	0,001	0,001
Борнилацетат	0,09	0,001	0,001
Цимол	0,02	0,001	0,005
Пинен	0,03	0,002	0,006
Ментолацетат	0,01	0,001	0,001
Кофеин	<0,001	1,69	0,08
Фуранол	0,001	0,13	0,001
Диацетил	0,002	0,15	0,001
2-метилфуран	0,001	0,09	0,05
Пропаналь	0,002	0,21	<0,001
Диэтилпиразин	0,001	0,26	0,001
Метилбутаналь	0,001	0,17	<0,001
Сероуглерод	<0,001	0,08	<0,001
Диметилсульфид	<0,001	0,005	<0,001
Тиофен	<0,001	0,01	<0,001
Метилборнеол	0,01	0,14	0,002
Ванилин	0,001	0,001	2,91
Гексанол	0,001	<0,001	0,09
Октанол	<0,001	0,001	0,14
Бутилпропаноат	<0,001	<0,001	0,07
Гексилацетат	<0,001	<0,001	0,01
Бутилбутаноат	<0,001	0,001	0,03
Бутилпентаноат	0,001	<0,001	0,12
Дигексиловый эфир	0,001	<0,001	0,03
Гексилоктиловый эфир	<0,001	0,001	0,009
Олеиновая кислота	<0,001	<0,001	0,03
Линолевая кислота	<0,001	<0,001	0,02
Этанол	0,002	0,002	0,002
Тетрадекан	0,001	0,001	0,001
Итого	4,565	2,99	4,44

исследования пульса и измерения артериального давления» [17]. На основе измеренных показателей для каждого обследуемого определяли индекс функциональных изменений (ИФИ) на каждом этапе исследования. Расчёт выполнялся по формуле (1) [18]:

$$\text{ИФИ} = 0,011\text{ЧСС} + 0,014\text{САД} + 0,008\text{ДАД} + 0,014\text{КВ} + 0,009\text{m} - 0,009\text{P} - 0,27 \quad (1)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин; САД – систолическое артериальное давление (АДс), мм рт. ст.; ДАД – диастолическое артериальное давление (АДд), мм рт. ст.; КВ – календарный возраст, количество полных лет; m – масса тела, кг; P – длина тела, см; 0,27 – независимый коэффициент.

Обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы Statistica 10.0. Тип распределения определялся по критерию Шапиро – Уилка. Анализ динамики показателей (до и после воздействия запаха) осуществлялся с применением критерия Вилкоксона. Критический уровень значимости (p) в исследовании принимался равным 0,05.

Результаты

Результаты хромато-масс-спектрометрического анализа проб воздуха из налофановых мешков после введения в них ароматизаторов показаны в табл. 1.

Согласно представленным результатам, в воздушной среде с ароматизатором «апельсин» наибольший удельный вес (69,4%) приходится на лимонен (углеводород из группы терпеновых), который и обуславливает приятный цитрусовый запах указанного ароматизатора; в воздушной среде ароматизатора «коньячный» наибольший вес занимает ванилин (65,5%); а в «кофе» более половины (56,5%) вполне ожидаемо приходится на кофеин – азотсодержащее гетероциклическое соединение, присутствующее в кофейных зернах, не обладающее запахом, но, тем не менее, являющееся индикаторным веществом для смеси органических веществ, обуславливающих специфический кофейный аромат. Следует также отметить наличие в смеси «кофе» многих веществ (фуранол, диацетил, 2-метилфуран, диэтилпиразин и др.), присутствующих в выбросах кофейного производства, а также, в меньшей степени, – серосодержащих веществ, характерных для указанного запаха [19]. Обнаруженные компоненты в основном характеризуются как вещества с характерными запахами [20, 21], при наложении которых возникает специфический многоотный аромат одоранта [22].

Таблица 2 / Table 2

Показатели сердечно-сосудистой системы у участников эксперимента перед началом исследования и после воздействия запахов «апельсин», «коньячный» и «кофе», $M \pm SD$ **Indices of cardiovascular system in experimental participants before the beginning of the study and after exposure to odors "orange", "cognac" and "coffee", $M \pm SD$**

Наименование ароматизатора	Показатель	Группа исследования			Значение между группами сравнения		
		1 до эксперимента	2 после 1-й серии	3 после 2-й серии	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
«Апельсин»	ЧСС, уд. в 1 мин	75,7 ± 12,6	73,7 ± 9,5	70,6 ± 11,5*	0,35	0,001*	0,12
	САД, мм рт. ст.	117,1 ± 15,4	113,6 ± 13,4	119,7 ± 22,9	0,06	0,68	0,37
	ДАД, мм рт. ст.	81,4 ± 14,7	78,7 ± 12,4	74,3 ± 12,2*	0,19	0,003*	0,10
«Коньячный»	ЧС, уд. в 1 мин	73,9 ± 7,7	73,4 ± 6,9	71,8 ± 7,4	0,81	0,40	0,35
	САД, мм рт. ст.	121,1 ± 18,8	116,4 ± 19,1*	117,6 ± 15,1	0,011*	0,21	0,67
	ДАД, мм рт. ст.	81,0 ± 13,0	82,5 ± 15,2	80,3 ± 13,4	0,40	0,63	0,33
«Кофе»	ЧСС, уд. в 1 мин	72,5 ± 10,4	73,2 ± 7,7	72,3 ± 7,4	0,86	0,92	0,55
	САД, мм рт. ст.	115,5 ± 13,9	114,5 ± 13,8	113,8 ± 12,3	0,49	0,37	0,67
	ДАД, мм рт. ст.	80,0 ± 11,6	81,8 ± 11,2	80,6 ± 11,0	0,36	0,78	0,13

Примечание. * – $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона.Note: * – $p < 0,05$ by Wilcoxon test.

Результаты анализа изменений ЧСС и АД в ходе экспериментальных исследований представлены в табл. 2.

При анализе результатов первого эксперимента с приятным запахом «апельсин» обнаружено статистически значимое снижение ЧСС и ДАД после 2-й серии разведений при достижении максимально возможной концентрации смеси летучих веществ ароматизатора по отношению к исходному состоянию: $p_{1-3} = 0,001$ и $p_{1-3} = 0,003$ соответственно.

При анализе результатов второго эксперимента с запахом «коньячный», идентифицированного как «неприятный», выявлено достоверное снижение САД после первой серии разведений (пороговая концентрация) относительно исходного состояния испытуемых: $p_{1-2} = 0,011$.

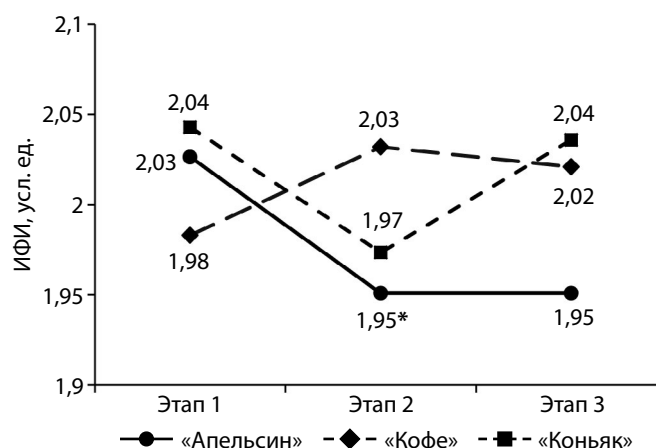
При анализе результатов влияния нейтрального запаха кофе статистически значимых различий в показателях между сериями эксперимента не обнаружено.

Динамика средних значений (медианы) индекса функциональных изменений (ИФИ) в процессе всех трех экспериментов представлена на рисунке.

Как показано на рисунке, у участников исследования при воздействии и первой, и второй серии приятного запаха «апельсин» ИФИ ниже по сравнению с исходным значением на 4,4%,

причём статистически значимо ($p < 0,01$ по критерию Вилкоксона).

При воздействии неприятного запаха «коньячный» на уровне пороговых концентраций смеси летучих компонентов ароматизатора наблюдается снижение индекса на 3,4%, но с возвратом к начальному значению на уровне максимально достижимых концентраций.



Данные представлены в виде медианы (Me)

* – $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона.

Средние значения индексов функциональных изменений у участников исследования на воздействие различных запахов, усл. ед.

Median values of functional change indices of participants on exposure to various odours, units.

Запах кофе вызывает подъём ИФИ, однако статистически незначимый, после первой серии с 1,98 до 2,03 усл. ед., сохраняющийся после второй серии (2,0%).

Обсуждение

Как свидетельствует анализ результатов проведенных исследований, приятный запах в условиях эксперимента оказывает на участников благоприятное действие, успокаивая, расслабляя, достоверно снижая ЧСС и ДАД, что согласуется с мнением большинства исследователей о положительном влиянии воспринимаемой приятности запахового раздражителя на показатели сердечно-сосудистой системы. Результаты, полученные в таких исследованиях, продемонстрировали, что приятные запахи вызывают снижение как ЧСС, так и АД [8–10, 23, 24].

По результатам эксперимента с запахом ароматизатора «коньячный», идентифицированного как неприятный, выявлено достоверное снижение САД, но только при воздействии пороговой концентрации. Это подтверждает предположение о том, что влияние неприятных запахов не столь однозначно. Так, в исследовании [24] показано, что неприятный рыбный запах вызывал увеличение ЧСС, в исследованиях [25, 26] показано, что кратковременное воздействие крайне неприятного запаха, образующегося при разложении белковых компонентов мясных и птицеводческих отходов, может влиять на ЧСС, в частности у женщин (увеличение в среднем на 4 удара в 1 мин), однако у мужчин существенных изменений не наблюдалось, при этом исследования АД также не выявили существенных отклонений при кратковременном воздействии указанного неприятного запаха.

В связи с тем, что система кровообращения играет существенную роль в процессах адаптации организма к изменению факторов среды, впервые при экспериментальном изучении физиологического воздействия различных запахов выполнена оценка функционального состояния организма по ИФИ. Этот интегральный показатель с учетом возрастных и антропометрических данных позволяет оценить уровень функционального состояния системы кровообращения и степень адаптированности организма к влиянию запаха различной интенсивности.

По результатам оценки ИФИ можно констатировать, что приятный запах достоверно снижает функциональное напряжение системы кровообращения, повышая адаптационный потенциал организма [18]. При пороговых концентрациях

ароматизатора «коньячный» также наблюдается тенденция к снижению функционального напряжения системы кровообращения, но после воздействия максимальных концентраций за счет активации симпатической нервной системы уровень функционирования системы кровообращения возвращается к исходному.

При воздействии различных концентраций смеси летучих веществ кофе достоверных изменений в показателях периферической гемодинамики не обнаружено. Однако незначительное повышение ИФИ указывает на возможную тенденцию к стимуляции симпатического отдела ВНС, возможно, у наиболее чувствительных к восприятию запаха лиц. Так, в проведенных ранее исследованиях по выявлению связи адаптационных возможностей организма детей с воздействием запаха, источником которого являлись трубы сушки кофейного экстракта предприятия по производству кофе, у 5,5% обследованных детей было выявлено напряжение адаптационных возможностей организма [1].

Таким образом, кратковременное воздействие низких, едва уловимых, ещё не вызывающих ощущения раздражения концентраций пахучих веществ, даже идентифицированных как неприятные при более длительном и интенсивном присутствии, не вызывает состояния стресса с активацией симпатической нервной системы, сопровождающегося увеличением ЧСС и АД. При этом проведенная оценка изменений самочувствия, активности и настроения участников в ходе эксперимента (по тестовой карте САН) также продемонстрировала, что при воздействии запаха, характеризуемого как приятный, наблюдаются позитивные и статистически значимые изменения самочувствия участников исследования. Вместе с тем, экспозиция к высоким концентрациям запаха вне зависимости от его приятности/неприятности, в большинстве случаев ассоциирована со снижением активности и ухудшением настроения, а также у некоторых участников – с ухудшением самочувствия [27], что согласуется с концепцией основоположника гигиенического нормирования в нашей стране В.А. Рязанова [28] о том, что любые посторонние запахи, как приятные, так и неприятные, раздражающие, присутствующие в воздухе даже в небольших концентрациях и при краткосрочной экспозиции, могут влиять на основные психофизиологические характеристики организма человека.

В последние годы ведется интенсивный поиск и разработка объективных и информативных методов оценки ранних изменений в организме, обусловленных неблагоприятным влиянием фак-

торов окружающей среды, в первую очередь, высокоинформативных неинвазивных методов.

Безусловно, при ольфактометрических исследованиях время контакта человека с изучаемым веществом гораздо меньше времени экспозиции населения к воздействию пахучих веществ в атмосферном воздухе. Данные, полученные в лабораторных условиях при контролируемом воздействии запаха, трудно экстраполировать на условия проживания в районах размещения предприятий пищевой промышленности. Тем не менее, возможность точной количественной оценки экспозиции в условиях эксперимента позволяет обосновать методические подходы к изучению влияния запахов окружающей среды на различные аспекты здоровья человека. Использование чувствительных показателей гемодинамики и адаптационного потенциала организма [1, 4, 15] при оценке риска неблагоприятного воздействия разных физико-химических факторов окружающей среды, в том числе и запахов, наряду с показателями иммунологического, биохимического и психоэмоционального статуса [2, 29] имеет крайне важное значение для разработки методов донозологической диагностики и организации динамического наблюдения населения, подверженного влиянию навязчивых запахов в атмосфере.

Ограничения исследования связаны с отсутствием стандартизированных методов воздействия (тип одоранта, метод подачи одоранта), трудностью проведения «слепых» экспериментов (поскольку испытуемые часто знают о наличии запаха), а также влиянием индивидуальных пристрастий и индивидуального прошлого опыта на вызванные запахом эффекты. Кроме этого, исследования проведены в условиях кратковременной

контролируемой подачи одоранта, что затрудняет экстраполяцию результатов на натурные условия загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами.

Заключение

В настоящее время убедительно показано, что патогенетическую основу заболеваний, связанных с воздействием химических загрязнений атмосферного воздуха, в том числе пахучими веществами, составляют нарушения процесса адаптации организма. Рекомендованные в работе методы донозологической диагностики по показателям функционального состояния сердечно-сосудистой системы для оценки возможного влияния запаха выбросов предприятий в районе их размещения на здоровье населения хорошо согласуются с другими общеизвестными биохимическими, иммунологическими, генетическими, психологическими и другими методами анализа при изучении экологически обусловленных заболеваний.

Проведённые исследования подтверждают необходимость расширения используемых показателей для оценки влияния запахов различного гедонического тона на функциональное состояние организма. Это особенно важно для изучения здоровья населения, проживающего вблизи различных источников выбросов пахучих веществ. Исследования в этой области могут привести к разработке новых методов и стандартов оценки влияния запахов на здоровье, а также к разработке мер по снижению негативных последствий от пахучих веществ и создать более безопасные и комфортные условия проживания для населения.

ЛИТЕРАТУРА

(п.п. 4, 6–10, 11, 12, 14–16, 21, 23–26 см. в References)

- Иванова С.В., Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Скворонская С.А. Морфофункциональные показатели и адаптационные возможности у детей, проживающих на разном расстоянии от источника запаха. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2022; 1: 18–29.
- Гошин М.Е., Бударина О.В., Ингель Ф.И. Запахи в атмосферном воздухе: анализ связи с состоянием здоровья и качеством жизни взрослого населения города с развитой пищевой промышленностью. *Гигиена и санитария*. 2020; 12: 1339–45.
- Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Шипулина З.В. Анализ международного опыта изучения влияния загрязнения атмосферного воздуха запахом на здоровье населения (обзор литературы). *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; 5: 88–92.
- Иванова С.В., Скворонская С.А., Гошин М.Е., Бударина О.В., Куликова А.З. Влияние запаха на физиологические, эмоциональные и когнитивные аспекты здоровья человека в экспериментальных условиях (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2020; 99(12): 1370–5.
- Геворкян Э.С., Ксаджикян Н.Н. Реакция сердечно-сосудистой системы студентов на запах лаванды в течение учебного процесса. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(6): 572–6.
- Пимушкина С.А., Ведясова О.А. Изменения кардиоритма у девушек и юношей в условиях ароматоздействия. *Вестник молодых учёных и специалистов Самарского университета*. 2018; 2(13): 48–55.
- Методика исследования пульса и измерения артериального давления. Синдром артериальной гипертензии. Учебное пособие для студентов. Составитель А.Н. Калягин. Под ред. Ю.А. Горяева; Иркутск, 2009. URL: https://mir.ismu.baikal.ru/src/downloads/c70046b3_kalyagin_puls_ad.pdf.
- Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина; 1997; 235.
- Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Скворонская С.А., Додина Н.С., Кохан А.А., Малышева А.Г. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 198–207.
- Пелоси П. *Обоняние. Увлекательное погружение в науку о запахах*. М.: Азбука-Аттикус – Колибри; 2020.
- Хрипач Л.В., Бударина О.В., Князева Т.Д., Маковецкая А.К., Коганова З.И., Андришенин И.Б. Биохимические и иммунологические показатели адаптивного ответа организма в ольфакто-одориметрических исследованиях. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 741–8.
- Ингель Ф.И., Бударина О.В., Ахальцева Л.В. Анализ влияния запаха с высоким потенциалом раздражения на самочувствие, активность и настроение человека в одориметрических исследованиях. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(6): 560–7.
- Рязанов В.А. *Санитарная охрана атмосферного воздуха*. М.: Медгиз; 1954.
- Хрипач Л.В., Князева Т.Д., Железняк Е.В., Маковецкая А.К., Коганова З.И., Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Ингель Ф.И., Демина Н.Н., Лебедева Н.В. Скрининг и пост-скрининг маркеров загрязнения атмосферного воздуха в пробах слюны детей дошкольного возраста. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 610–7.

REFERENCES

- Ivanova S.V., Meshkov N.A., Valtseva E.A., Skovronskaya S.A. Morphofunctional indicators and adaptive capabilities in children living at different distances from the source of the odor. *Mezhdunarodny' j zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2022; 1: 18–29. (in Russian)
- Goshin M.E., Ingel F.I., Budarina O.V. Odors in the atmospheric air: analysis of the relationship with the state of health and quality of life of the adult population of a city with a developed food industry. *Gigiyena i sanitariya*. 2020; 12: 1339–45. (in Russian)
- Budarina O.V., Sabirova Z.F., Shipulina Z.V. Analysis of international experience in studying the effect of atmospheric air pollution by odor on public health (literature review). *Mezhdunarodny' j zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2019; 5: 88–92. (in Russian)
- Odours and Human Health. Environmental Public Health Science Unit, Health Protection Branch, Public Health and Compliance Division, Alberta Health. Edmonton, Alberta. 2017. [Electronic resource]. URL: <https://open.alberta.ca/publications/9781460131534>
- Ivanova S.V., Skovronskaya S.A., Goshin M.E., Budarina O.V., Kulikova A.Z. The effect of smell on the physiological, emotional and cognitive aspects of human health under experimental conditions (literature review). *Gigiyena i sanitariya*. 2020; 99(12): 1370–5. (in Russian)
- Dr. Kehdinga George Fomunyan. Health, mental and emotional impacts of odour producing industrial emissions on man. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019; 10(10): 402–14.
- Loos H.M., Schreiner L., Karacan B. A systematic review of physiological responses to odours with a focus on current methods used in event-related study designs. *International Journal of Psychophysiology*. 2020; 158: 143–57.
- Dong S., Jacob T.J.C. Combined non-adaptive light and smell stimuli lowered blood pressure, reduced heart rate and reduced negative affect. *Physiology & Behavior*. 2016; 156: 94–105.
- Höferl M., Hütter C., Buchbauer G. A Pilot Study on the Physiological Effects of Three Essential Oils in Humans. *Natural Product Communications*. 2016; 11(10): 1561–4.
- Gevorkyan E.C., Ksadzhiyan N.N. The reaction of the cardiovascular system of students to the smell of lavender during the educational process. *Gigiyena i sanitariya*. 2017; 96(6): 572–6. (in Russian)
- Sayorwan W., Siripornpanich V., Piriyaunayaporn T., Hongratanaworakit T., Kotchabhakdi N., Ruangrunsi N. The effects of lavender oil inhalation on emotional states, autonomic nervous system, and brain electrical activity. *J. Med. Assoc. Thai*. 2012; 95(4): 598–606.
- Kawai E., Nakahara H., Ueda Sh., Manabe K., Miyamoto T. A novel approach for evaluating the effects of odor stimulation on dynamic cardiorespiratory functions. Published: March 3, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172841>
- Pimushkina S.A., Vedyasova O.A. Changes in the heart rate of girls and boys in the conditions of aromatherapy. *Vestnik molodykh uchenykh i spetsialistov Samarskogo universiteta*. 2018; 2(13): 48–55. (in Russian)
- Kawai E., Takeda R., Ota A., et al. Increase in diastolic blood pressure induced by fragrance inhalation of grapefruit essential oil is positively correlated with muscle sympathetic nerve activity. *J Physiol Sci*. 2020; 70(2): <https://doi.org/10.1186/s12576-020-00733-6>
- Wing S., Horton R.A., Rose K.M. Air pollution from industrial swine operations and blood pressure of neighboring residents. *Environmental Health Perspectives*. 2013; 121: 92–6.
- Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725:2003, European committee for standardisation (Comité Européen de Normalisation). 2003.
- Methods of pulse research and blood pressure measurement. Hypertension syndrome. The textbook for students [Metodika issledovaniya pul'sa i izmereniya arterial' nogo davleniya. Sindrom arterial' noj gipertenzii. Uchebnoe posobie dlya studentov]*. Is compiled by A.N. Kalyagin. Red. Yu.A. Goryayeva. Irkutsk; 2009. URL: https://mir.ismu.baikal.ru/src/downloads/c70046b3_kalyagin_puls_ad.pdf (in Russian)
- Bayevskiy R.M., Berseneva A.P. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases [Ocenka adaptatsionny' x vozmozhnostej organizma i riska razvitiya zaboolevaniy]. Moscow: Medicina; 1997. (in Russian)
- Budarina O.V., Sabirova Z.F., Skovronskaya S.A., Dodina N.S., Kokhan A.A., Malysheva A.G. Comprehensive hygienic assessment of atmospheric air pollution in the area of food and processing industry enterprises. *Gigiyena i sanitariya*. 2024; 103(3): 198–207. (in Russian)
- Pelosi P. Sense of smell. A fascinating dive into the science of smells [Obonyanie. Uvlekatel'noe pogruzhenie v nauku o zapahah]. Moscow: Azbuka-Atticus – Hummingbird; 2020. (in Russian)
- Weihua Y., Xiande X., Gen W., Jie M., Zengxiu Z., Jiayin L. Emission characteristics of volatile odoriferous organic compounds in fragrance and flavor industry. *Environ. Chem*. 2021; 1071–7.
- Khripach L.V., Budarina O.V., Knyazeva T.D., Makovetskaya A.K., Koganova Z.I., Andryushin I.B. Biochemical and immunological indicators of the adaptive response of the body in olfacto-odorimetric studies. *Gigiyena i sanitariya*. 2022; 101(7): 741–8. (in Russian)
- Pichon A.M., Coppin G., Cayeux I., Porcherot C., Sander D., Delplanque S. Sensitivity of physiological emotional measures to odors depends on the product and the pleasantness ranges used. *Front. Psychol*. 2015; 6: 1821.
- He W., Boesveldt S., de Graaf C., de Wijk R.A. Dynamics of autonomic nervous system responses and facial expressions to odors. *Front Psychol*. 2014; 5(110): 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00110>
- Kharlamova M.D., Adamovich M., Romanovskaya K.S., Spirin M.A., Mustaeva L.R., Adamovich N. Decomposition of individual components of bio-organic waste: volatile organic compounds and the impact on health and psycho-emotional state. *Vestnik RUDN: ser. Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2023; 31(3): 390–406.
- Hoenen M., Wolf O.T., Pause B.M. The impact of stress on odor perception. *Perception*. 2017; 46(3–4): 366–76. <https://doi.org/10.1177/0301006616688707>
- Ingel F.I., Budarina O.V., Akhaltseva L.V. Analysis of the effect of odor with a high potential for irritation on human well-being, activity and mood in odorimetric studies. *Gigiyena i sanitariya*. 2021; 100 (6): 560–7. (in Russian)
- Ryazanov V.A. Sanitary protection of atmospheric air [Sanitarnaya okhrana atmosfery vozdukh]. Moscow: 1954. (in Russian)
- Khripach L.V., Knyazeva T.D., Zheleznyak E.V., Makovetskaya A.K., Koganova Z.I., Budarina O.V., Sabirova Z.F., Ingel F.I., Demina N.N., Lebedeva N.V. Screening and post-screening of markers of atmospheric air pollution in saliva samples of preschool children. *Gigiyena i sanitariya*. 2020; 99(6): 610–7. (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бударина Ольга Викторовна, доктор мед. наук, главный научный сотрудник отдела анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Российская Федерация. E-mail: budarina.ov@fncg.ru

Сковронская Светлана Александровна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Российская Федерация. E-mail: sko_sveta@mail.ru

Вальцева Елена Алексеевна, кандидат биол. наук, главный специалист отдела координации и анализа НИР ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Российская Федерация. E-mail: altay21c@mail.ru

Додина Наталья Сергеевна, кандидат мед. наук, руководитель отдела анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Российская Федерация. E-mail: dodina.ns@fncg.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Olga V. Budarina, Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher of the Department of Public Health Risk Analysis of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4319-7192> E-mail: budarina.ov@fncg.ru

Svetlana A. Skovronskaya, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Department of Public Health Risk Analysis of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6374-9292> E-mail: sko_sveta@mail.ru

Elena A. Valtseva, Candidate of Biological Sciences, Chief Specialist of the Department of Coordination and Analysis of the Research Institute of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5468-5381> E-mail: altay21c@mail.ru

Nataliya S. Dodina, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Risk Analysis for Public Health of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-6693-922X> E-mail: dodina.ns@fncg.ru