

УДК 334.021.1

Л. В. Гринцевич, Н. В. Шевченко

Белорусский национальный технический университет

**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРЕПЯТСТВИЯ**

Несмотря на то что аддитивные технологии являются перспективным инновационным направлением и имеют большой потенциал внедрения в различных отраслях промышленности, они медленно завоевывают рынки. Исследованию технологий 3D-печати посвящено немало работ, в которых рассматриваются особенности применения данной инновации, разработка новых материалов, варианты и эффекты использования. Однако практически нет оценки конкурентоспособности аддитивных технологий и изучения препятствий, возникающих для их повсеместного использования. Поэтому вопросы рациональности и эффективности внедрения аддитивных технологий остаются открытыми. В статье рассмотрены сильные стороны аддитивных технологий, тренды и особенности их применения в пищевой промышленности, проанализированы возможности применения 3D-печати различных видов продуктов, основанные на последних научных разработках. Авторы статьи также оценили препятствия для выхода пищевых 3D-принтеров на потребительский рынок, предложили рекомендации для ускорения процесса их внедрения. Данные рекомендации могут стать основой для позиционирования аддитивных технологий в пищевой промышленности и повышения их конкурентоспособности.

Ключевые слова: аддитивные технологии, пищевая промышленность, возможности применения, препятствия выхода на рынок, конкурентоспособность.

Для цитирования: Гринцевич Л. В., Шевченко Н. В. Конкурентоспособность аддитивных технологий в пищевой промышленности: возможности и препятствия // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2023. № 2 (274). С. 95–104. DOI: 10.52065/2520-6877-2023-274-2-13.

L. V. Grintsevich, N. V. Shevchenko

Belarusian National Technical University

**COMPETITIVENESS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES
IN THE FOOD INDUSTRY: OPPORTUNITIES AND OBSTACLES**

Despite the fact that additive technologies are a promising innovative direction and have great potential for implementation in various industries, they are slowly gaining market share. A lot of works are devoted to the research of 3D-printing technologies which consider the peculiarities of this innovation application, the development of new materials, options and the effects of use. However, there is practically no assessment of the competitiveness of additive technologies and the research of the obstacles that arise for their widespread use hasn't been conducted. Therefore, the questions of rationality and the effectiveness of additive technologies implementation remain open. The article considers the strengths of additive technologies, trends and the features of their application in the food industry, analyzes the possibilities of 3D-printing for various types of products, based on the latest scientific developments. The authors of the article also assessed the barriers for food 3D printers to enter the consumer market, offered the recommendations to speed up the process of their implementation. These recommendations may provide the basis for additive technologies positioning in the food industry and the basis for increasing their competitiveness.

Keywords: additive technologies, food industry, application possibilities, market entry barriers, competitiveness.

For citation: Grintsevich L. V., Shevchenko N. V. Competitiveness of additive technologies in the food industry: opportunities and obstacles. *Proceedings of BSTU, issue 5, Economics and Management*, 2023, no. 2 (274), pp. 95–104. DOI: 10.52065/2520-6877-2023-274-2-13 (In Russian).

Введение. По прогнозам аналитиков компании Emergen Research, мировой рынок пищевых технологий (food technology) достигнет 342,52 млрд долл. США к 2027 г. [1]. Основными игроками и инвесторами на рынке пищевых технологий на сегодняшний момент являются

Amazon, Apeel Sciences, McCormick&Company, Delivery Hero, DoorDash, Domino's Pizza Inc., Goodr, Pizza Hut International, McDonald's Corporation, Grubhub. Появление более передовых технологий в пищевой промышленности и рост каналов электронной коммерции в различных

странах являются факторами, стимулирующими внедрение пищевых технологий. Ожидается, что выручка рынка пищевых технологий будет расти в среднем на 6,0% в год в течение ближайших пяти лет. Пищевые технологии представляют собой интеграцию цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла пищевых продуктов.

Обработка является неотъемлемой частью производства продуктов питания для преобразования сырья в желаемые и усваиваемые формы [2]. Обработка пищевых продуктов включает термические (например, микроволновые технологии) [3] и нетермические технологии, такие как ультразвук и импульсное электрическое поле [4]. Данные технологии обработки применяются для соблюдения некоторых важнейших требований в пищевой промышленности, таких как безопасность и увеличение срока хранения пищевых продуктов. Они также позволяют производить дизайнерские пищевые продукты, отвечающие особым требованиям, таким как пониженное содержание натрия, высокое содержание клетчатки и повышенная устойчивость продуктов к окислительным процессам [5].

Инновационные технологии 3D-печати уже достаточно широко используются в промышленном секторе. Промышленные предприятия благодаря 3D-печати экономят немало средств и времени при создании прототипов моделей. Однако 3D-печать не ограничивается только промышленным применением. В настоящее время ученые успешно исследуют и задействуют данные технологии в пищевой индустрии. Для этого сейчас разрабатываются технологии печати продуктов питания, пищевых наполнителей.

Основная часть. Технологии 3D-печати имеют широкий спектр применений в различных областях, таких как биотехнология и дизайн; машиностроение и биомедицинская инженерия; авиационная, фармацевтическая и пищевая промышленность. 3D-печать была впервые применена в пищевой промышленности исследователями Корнельского университета и с тех пор набирает все большую популярность [2].

Аргументами для использования 3D-печати являются:

- 1) экологичность производства, так как аддитивные технологии позволяют сократить количество отходов, рационализировать потребление;
- 2) сокращение производственных цепочек и логистических затрат;
- 3) возможность изготовления сложных изделий или деталей в единичном экземпляре с небольшими затратами;
- 4) ускорение цикла проектирования изделий и вывода их в серийное производство;
- 5) возможность автоматизации многих процессов и объединение их в единую цепочку при

помощи цифровых технологий и искусственного интеллекта [6].

В настоящее время на рынке наблюдается спрос не только на продукты с повышенной функциональной и питательной ценностью, но также и на изделия, сложные по форме и дизайну, такие как шоколад, конфеты, кондитерские изделия, чипсы. Данные продукты имеют не только праздничное назначение и используются во время особых событий, но также могут служить важным маркетинговым инструментом для привлечения потенциальных потребителей, особенно молодежи и детей. Среди различных технологий 3D-печать, безусловно, является самой впечатляющей и инновационной технологией, которая может применяться в пищевой промышленности для изготовления продуктов сложной формы. Технология 3D-печати все больше привлекает внимание различных компаний, занимающихся производством пищевых продуктов. 3D-печать продуктов питания предлагает множество возможностей для создания продуктов с учетом индивидуальных особенностей потребителя, включая персонализированное питание, необычные геометрические формы, разнообразные текстуры и вкусы. В 2019 г. рынок 3D-печати пищевых продуктов составлял всего 34,70 млн долл. США, данный мировой рынок растет со среднегодовым темпом роста 54,50% и, как ожидается, к 2027 г. превысит 1 млрд долл. США [2].

Предпосылками для использования аддитивных технологий в пищевой промышленности могут стать следующие тренды.

1. Рост количества заболеваний, связанных с несбалансированной диетой – заболевания желудочно-кишечного тракта, ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания и т. д. Следовательно, люди будут предъявлять больше требований к составу и качеству пищевых продуктов [7].

2. Растущая популярность здорового образа жизни и правильного питания, основанная на тезисе, что лечить сложнее и дороже, чем предотвратить. Кроме этого, ритм жизни в больших городах вызывает потребность в быстром приготовлении пищи с минимальными затратами времени на изучение рецептуры. Таким образом, запрограммированная диета или меню, воплощенные в легких технологиях приготовления, могут стать актуальной тенденцией в ближайшее время [7].

3. Количество людей с аллергическими реакциями на продукты питания растет с каждым годом, поэтому им необходима строгая диета, которую не всегда можно обеспечить вне дома [7]. Сублимированные продукты с точно выверенным составом помогут решить эту проблему.

4. Старение населения в развитых странах вызывает необходимость разработки продуктов

с особенными свойствами, не требующих больших затрат времени и энергии для пожилых людей, которые живут отдельно от своих родственников или остались одинокими.

5. Кастомизация окружающей действительности под нужды и желания отдельных людей. Такой тренд наблюдается повсеместно и может быть воплощен или за счет бесконечного моделирования продуктов из стандартизированных составляющих, или за счет индивидуальной доработки уже имеющихся изделий либо индивидуального изготовления. К последнему способу и относятся аддитивные технологии.

6. Удовлетворение потребности в освоении нового, развлечении, творчестве [8].

Однако с развитием аддитивных технологий стало ясно, что создание индивидуализированных продуктов – слишком узкая направленность. В перспективе 3D-принтеры могут стать обычным домашним аксессуаром [9, с. 26]. Таким образом, особые потребности людей могут стимулировать развитие аддитивных технологий в пищевой промышленности. Оцифровка рецептов, создание единой электронной общедоступной для скачивания базы компонентов позволит расширить применение 3D-печати пищевых продуктов.

В стратегии «Наука и технологии: 2018–2040», утвержденной постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси № 7 от 26.02.2018, предусмотрено развитие аддитивных технологий по направлениям разработки программного обеспечения для аддитивных производств и технических средств, создание материалов для аддитивной техники, разработка технологических решений для 4D-печати и систем управления жизненным циклом продукции. Научные исследования в области 3D-печати пищевых продуктов проводятся в Институте мясомолочной промышленности НАН Беларуси [10], Белорусско-российском университете в учебно-экспериментальной лаборатории «Аддитивные технологии в производстве», в рамках проекта Союзного государства «Развитие образовательной и научной деятельности на базе инновационных технологий» [11], Белорусском национальном техническом университете [12].

Авторами статьи были проанализированы исследования, опубликованные за последние пять лет, в которых рассматриваются свойства различных пищевых красок и 3D-печатных конструкций на основе животных белков, таких как говядина, птица, рыба, яйца, морепродукты, молоко, сыр и молочные ингредиенты.

3D-печать продуктов питания предлагает многочисленные возможности для разработки инновационных продуктов различных геометрических параметров, текстуры и вкуса, а также

продуктов для специальных диет на основе животного белка и растительного сырья. Технология производства 3D-печатных мясных продуктов требует уменьшения размера частиц мяса и воссоздания мясного пикантного вкуса. Можно предположить, что это снизит стоимость мясных продуктов премиум-класса. Также данная технология может быть хорошим вариантом для использования более дешевого сырья. Производство 3D-печатных мясных продуктов все еще находится на концептуальной стадии. Разработка продуктов питания на основе культивируемого мяса и диет на основе животного белка необходима для потребителей с показаниями к особым диетам, например, для пациентов с затрудненным глотанием или пожилых людей. Израильская компания Redefine Meat заявила, что готова к 3D-печати «мяса» в промышленных масштабах. Ее новый принтер под названием «Ангус» может производить разные сорта мяса из растительных ингредиентов, причем за день он способен напечатать несколько тонн продукции. Как рассказал Эшар Бен-Шитрит, сооснователь Redefine Meat, у такого мяса те же характеристики, что и у мяса животных, а ощущения от него такие же, какие вызывает хороший стейк [13].

Причудливые 3D-печатные продукты из сыра и яиц могут стать новым направлением продуктов питания, ориентированным на детей, или продуктов для праздничных событий или подарков. Данное исследование расширяет наше понимание того, как состав пищевых красок влияет на свойства печатных 3D-конструкций и генерирует знания, которые могут иметь решающее значение для разработки пищевых продуктов, напечатанных на 3D-принтере, учитывая их питательные и вкусовые преимущества. Необходимы обширные исследования для разработки уникальных продуктов животного происхождения с функциональной инутрицевтической ценностью для привлечения потенциальных потребителей. Научные знания необходимы для расшифровки основных механизмов того, как процесс 3D-печати влияет на микроструктуру и органолептические характеристики пищевых продуктов, а также на восприятие таких продуктов потребителями, что расширит использование 3D-технологии в пищевой промышленности.

Пищевые материалы, используемые для экструзионной 3D-печати, можно условно разделить на несколько категорий [14]. К первой группе относятся природные материалы, пригодные для печати, такие как шоколад, сыр и кондитерская глазурь, которые обладают превосходными печатными свойствами и плавно выдавливаются во время печати. Ко второй

группе – не подлежащие печати традиционные пищевые материалы, такие как овощи, мясо, яйца, рыба и фрукты, которые не подходят для печати по своей природе и требуют предварительной обработки.

Например, фрукты и овощи не являются сырьем для печати, поэтому их текучесть и вязкость должны быть улучшены добавками для получения пасты, пригодной для печати. Хотя широко используемые добавки основаны на крахмале, существуют также гидроколлоиды и гидрогели и их замена ингредиентами с добавленной стоимостью из сухих растительных экстрактов, биоактивных пептидов, волокон, водорослей, восстановленных фитохимических веществ, из пищевых отходов и т. д. [15]. Другой важной технологической проблемой 3D-печати является разработка подходящей текстуры, обеспечивающей приемлемое восприятие продуктов во рту. Решение этой проблемы было найдено в использовании текстуростабилизирующих добавок или загустителей. Ученые для решения данной проблемы исследовали водоудерживающие свойства пектина, изингласса и картофельного крахмала [15].

Говядина является третьим по популярности видом мяса, потребляемым в мире [16]. Был разработан композитный продукт из говядины, напечатанный на 3D-принтере на основе экструзии с двумя соплами, и изучено влияние содержания жира и плотности начинки (50, 75 и 100%) на печать и свойства продукта. Пищевые чернила были разработаны с использованием мясной основы (говядина (85%) и вода (15%)), NaCl (1,5%) и гуаровой камеди (0,5%) для печати конструкций с использованием прямоугольной формы [17].

Рыба считается легкоусвояемым и более полезным продуктом, в отличие от мяса, и часто имеет благоприятный питательный профиль [2]. Некоторые популярные продукты на основе рыбы готовят с использованием сурими, промежуточного пастообразного продукта. Х. Чен, М. Чжан и З. Рао изучили влияние размораживания с помощью ультразвука на 3D-печать и гелеобразующие свойства сурими из толстолобика [18]. Израильская компания Stakeholder Foods, специализирующаяся на изготовлении искусственного мяса в лабораторных условиях, впервые в мире создала аналог мяса рыбы. Это было сделано с помощью технологии 3D-печати. Следует отметить, что Израиль является мировым лидером в области альтернативных белков, которые могут использоваться в 3D-печати пищевых продуктов [19].

Добавление ингредиентов на основе молока в рецептуры пищевых красок увеличивает содержание животных белков с высокой

биодоступностью, делает их более пригодными для печати и стабильными. С. Джоши и др. [20] оценили влияние термически обезвоженного сухого молока на пригодность для печати и характеристики 3D-печатных продуктов.

Сыр – один из самых популярных молочных продуктов, доступных во всем мире, богат белком, жиром, кальцием и фосфором. С. Джоши и др. [20] изучили возможность 3D-печати полутвердых мягких сыров, приготовленных из молока, подвергнутого нагреванию и коагулированию кислотой, для производства молочных продуктов.

Проводились разработки специальных продуктов питания для людей с особыми потребностями в отношении питательных веществ, такими как высокое содержание клетчатки, низкокалорийные продукты, низкое содержание натрия, отсутствие глютена или с другими пищевыми свойствами (модифицированная мягкая текстура для пациентов с дисфагией). Были разработаны 3D-печатные изделия в форме тунца с использованием тунца, тыквы и свеклы для людей с проблемами глотания [2].

В настоящее время ученые также занимаются технологиями 3D-печати овощей и фруктов. Следует отметить, что современное общество определило ожирение и хронические заболевания как основные проблемы со здоровьем. Поэтому в эпоху продуктов 3D-печати стратегия заключается в улучшении рецептов обычных продуктов и повышении их пищевой ценности. Этого можно достичь за счет снижения гликемической нагрузки и гликемического индекса (например, заменив калории простых сахаров натуральными подсластителями, такими как *Stevia rebaudiana* Bertoni), а также увеличив количество растворимой клетчатки (из овса и ячменя) и омега-3 жирных кислот (например, масло семян чиа и льняное масло) [2]. Продукты 3D-печати на фруктовой основе не являются исключением, поскольку потребление сахаров, микроэлементов, клетчатки и водорастворимых витаминов в значительной степени зависит от используемых фруктов [15]. Согласно исследованиям ученых Института мясомолочной промышленности НАН Беларуси, занимающихся 3D-технологиями, натуральные мясные порошки являются актуальным направлением для пищевой промышленности [21]. Это импортозамещающая продукция, разработанная в Беларуси, которая в будущем должна найти практическое применение. Для приготовления мясных 3D-продуктов ученые института используют свинину, говядину, птицу. Натуральное мясо высушивается особым образом – в лиофильных сушилках. Сырье сначала замораживают, потом под давлением испаряют

влагоу. Данный способ позволяет сохранить все полезные свойства мясных продуктов. Получается концентрат мяса, который не содержит вредных примесей, красителей, консервантов. Состав мясного порошка можно разрабатывать индивидуально, учитывая особенности каждого человека, исключать из него аллергены, добавлять необходимые аминокислоты, минеральные вещества. Данный вид инновационной продукции относится к персонализированному питанию.

Производство индивидуальных 3D-печатных продуктов животного происхождения все еще находится на концептуальной стадии и требует дальнейших исследований и разработок, прежде чем станет коммерческой реальностью. Производство 3D-печатных мясных продуктов в настоящее время связано с уменьшением размера частиц и получением пикантного мясного вкуса, что может привести к снижению стоимости производства мясных продуктов. Это ограничит использование 3D-печати для производства мясных продуктов из менее качественных и жестких кусков мяса [2].

Таким образом, 3D-печать – это доступная пищевая технология с низким потреблением энергии, с возможностью использования альтернативных источников сырья для производства пищевых продуктов в соответствии с индивидуальными потребностями потребителей. Данная экологичная технология позволяет разрабатывать и производить продукты питания из возобновляемых источников (например, продукты 3D-печати на основе фруктов, овощей, злаковых растений и т. д.) [15]. Однако 3D-технологии для производства пищевых продуктов требуют проведения дальнейших исследований и разработок. Данные технологии являются перспективным инновационным направлением. В частности, сухие мясные порошки, которые используются в 3D-печати, легко транспортируются, длительно хранятся при комнатной температуре. Данная продукция может найти практическое применение для космонавтов и полярников. Производство кисломолочных 3D-продуктов также имеет перспективы для получения инновационных альтернативных продуктов.

Несмотря на развивающиеся рынки и научные исследования, для внедрения 3D-печати пищевых продуктов существуют определенные препятствия, которые надо учитывать при оценке рисков foodtech-бизнеса и продумывать способы их преодоления.

При оценке эффективности применения 3D-печати продуктов необходимо учитывать альтернативные способы получения продуктов и ориентироваться на конкретные сегменты рынка. Так, технология применения 3D-печати в кондитерской области [12], и в частности – изготовление

сложных конструкций из шоколада, позволяет воспроизводить сложные объемные и плоские формы, смешивать различные виды сырья. Но, как отмечают сами авторы исследования, проблемами такой технологии можно считать низкую скорость печати, слоистую структуру изделия и стоимость самого принтера. У кондитеров существуют традиционные способы получения аналогичных изделий, лишенные описанных недостатков.

На сегодняшний момент в свободной продаже можно найти пищевые принтеры, в том числе и бытовые, которые выполняют несложные операции – выпечка фигурных блинчиков или нанесение рисунка на продукты, литье шоколадом. Но все эти действия гораздо проще выполнять традиционными методами. Для активного внедрения пищевые 3D-принтеры должны нести уникальные функции, например, составлять заранее заданный состав продуктов. Медицинские 3D-принтеры, применяемые в ортопедии и стоматологическом протезировании, способны удовлетворять узкоспециализированные потребности, многофункциональны, показывают высокую эффективность и зачастую являются уникальными в нише медицинских услуг.

Потенциал применения аддитивных технологий достаточно обширный: от крупных продовольственных компаний, занимающихся разработкой инновационных продуктов, розничной торговли, мелких продовольственных компаний до специализированных учреждений (спортивных, развлекательных центров) и домашних хозяйств [22].

Для обширного применения аддитивных технологий в быту кроме технической части (3D-принтера, пригодного для применения в домашних условиях) необходимо программное обеспечение для работы принтера, база данных рецептов, рынок субстанций для печати продуктов. Большое количество входящих условий замедляет внедрение аддитивных коммерческих технологий. Микроволновые печи тоже не сразу были восприняты потребителями и имели определенные условия эксплуатации: не любая посуда подходит для использования, существуют сомнения по безопасности использования такой техники. Но все же это гораздо меньше психологические и экономические затраты, чем при применении аддитивных технологий изготовления пищи. Практика показала, что 3D-принтеры, печатающие пластиком, нашли широкое применение на рынках B2B и B2C, так как приобрести материалы для их эксплуатации уже не представляет труда.

На современном этапе существуют определенные ограничения в повсеместном использовании пищевых 3D-принтеров:

– необходимость хранения ингредиентов в сухом виде и преобразование их в пасту перед печатью [8];

- недостаточно исследовано влияние сублимированных продуктов на здоровье людей;
- отсутствие нормативной базы, регулирующей аддитивное производство [23];
- существующие проблемы в области безопасности печати пищевых продуктов [24, 25];
- отсутствие национальных стандартов в области аддитивных технологий [26];
- неразвитая инфраструктура покупки, эксплуатации, обслуживания данной технологии;
- дороговизна пищевых 3D-принтеров и ингредиентов для их эксплуатации.

Кроме технологических и экономических препятствий к внедрению 3D-печати пищевых продуктов можно столкнуться с психологическим неприятием инноваций, предпочтением традиционных методов приготовления, что затруднит активное внедрение этих технологий на потребительский рынок. Подробно проблемы неприятия инновационных технологий в пищевой промышленности были изучены И. Т. Смыковым [27], который выделил следующие социально-этические проблемы восприятия нового:

- недоверие в применяемых технологиях и натуральности продуктов;
- предпочтение собственных суждений и когнитивных ощущений научным знаниям;
- культурные ценности;
- неконтролируемый потребителем процесс изготовления продуктов;
- требования к экологичности продуктов и способам их производства;

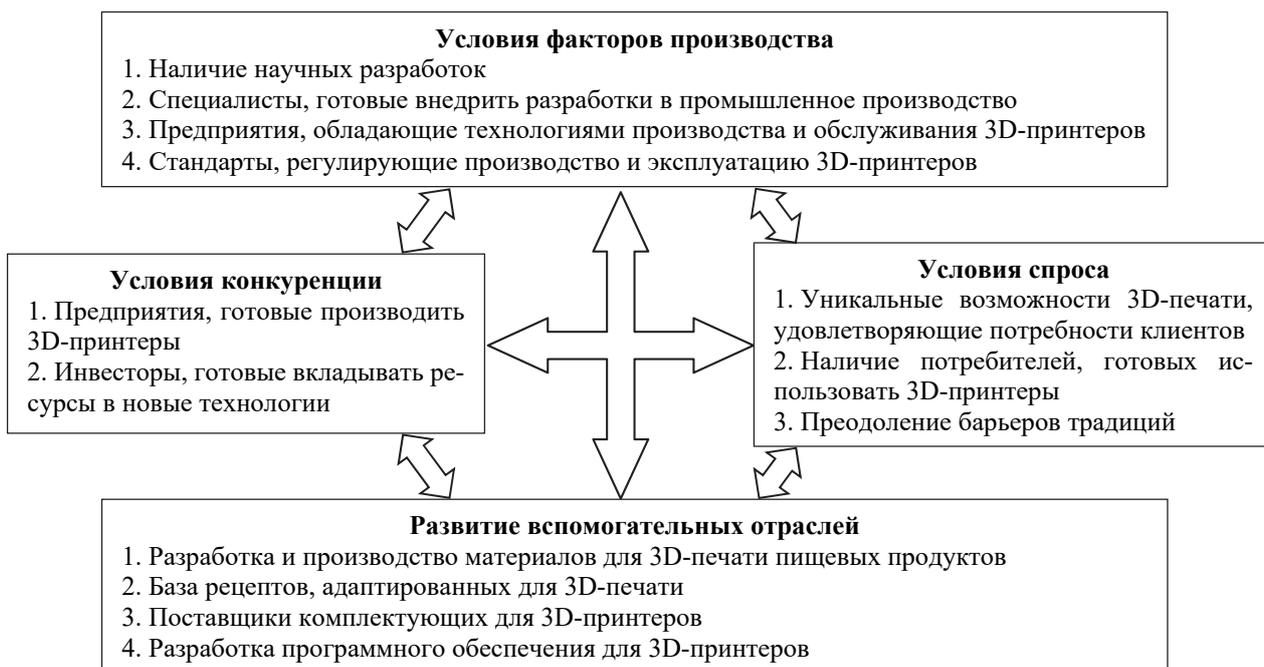
- высокие требования к органолептическим – свойствам продуктов.

Так как развитие инновационных пищевых технологий во многом зависит от мнения потребителей, необходимо прилагать усилия не только для совершенствования технологий производства, но и для взаимодействия с потребителями.

Для повсеместного внедрения аддитивных технологий в пищевой промышленности и производства бытовых пищевых принтеров, повышения их конкурентоспособности требуется развитие инфраструктуры сопровождения технологий (рисунок).

Таким образом, для повышения конкурентоспособности аддитивных технологий в пищевой промышленности необходимы:

- 1) определение целевого использования технологии 3D-печати пищевых продуктов, например, принтеры, способные благодаря программному обеспечению и применяемым материалам составлять идеальные по составу продукты для людей с повышенными требованиями к ингредиентам и консистенции;
- 2) разработка материалов для печати, способ их хранения и приготовления;
- 3) создание нормативного обеспечения аддитивных технологий со стороны государственных органов сертификации;
- 4) одновременная разработка базы рецептов, программного обеспечения для работы принтеров и изготовления пищевых продуктов;
- 5) развитие отрасли материального обеспечения работы пищевых 3D-принтеров.



Направления развития инфраструктуры для внедрения пищевых аддитивных технологий

Организации, способные проводить целенаправленные исследования и инвестировать ресурсы в конкретные бизнес-идеи 3D-печати пищевых продуктов, обоснованные маркетинговыми исследованиями, будут иметь неоспоримое конкурентное преимущество на рынке.

Заключение. Развитие аддитивных технологий в пищевой промышленности находится в ста-

дии поиска целевых рынков, поиска потребителей, разработки коммерческих продуктов. Диффузия аддитивных технологий изменит рынок пищевых продуктов и ландшафт брендов. Производители, которые смогут обеспечить цикл продажи и эксплуатации 3D-печати пищевых продуктов, определить целевые аудитории и преодолеть описанные выше препятствия, смогут получить максимальную отдачу от новых рынков.

Список литературы

1. Market Synopsis // Emergenresearch: сайт. URL: <https://www.emergenresearch.com/industry-report/food-tech-market> (дата обращения: 22.06.2023).
2. 3D printing: Development of animal products and special foods / Z. F. Bhat [et al.] // Food Science & Technology. 2021. Vol. 118, Part A. P. 87–105. DOI:10.1016/j.tifs.2021.09.020.
3. Emerging processing technologies for improved digestibility of muscle proteins / Z. F. Bhat [et al.] // Food Science & Technology. 2021. Vol. 110, Part A. P. 226–239. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.010.
4. Pulsed electric field: Role in protein digestion of beef Biceps femoris / Z. F. Bhat [et al.] // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. Vol. 150. P. 132–138. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.09.006.
5. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products / Z. F. Bhat [et al.] // Food Chemistry. 2020. Vol. 306. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125622.
6. Чехович А. Искусственный интеллект и аддитивные технологии: перспективы взаимодействия // iQVtechnologies. Блог 3D-экспертов. URL: <https://blog.iqb.ru/ai-3d-printing-intersection/> (дата обращения: 22.06.2023).
7. Балыхин М. Напечатанные продукты 3D-принтеры в пищевой промышленности: фантастика или ближайшее будущее // PROкачество. URL: <https://kachestvo.pro/innovatsii/napechatannye-produkty> (дата обращения: 22.06.2023).
8. Дресвянников В. А., Страхов Е. П., Возмищева А. С. Анализ применения аддитивных технологий в целлюлозной промышленности // Продовольственная политика и безопасность. 2017. № 3. С. 133–139. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-additivnyh-tehnologiy-v-pischevoy-promyshlennosti> (дата обращения: 22.06.2023).
9. Корниенко В. Ю., Минаев М. Ю. Тенденции в развитии трехмерной печати продуктов питания // Пищевые системы. 2022. Т. 5, № 1. С. 23–29. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-23-29.
10. Белорусские ученые разрабатывают технологию 3D-печати еды натуральными ингредиентами // SB.BY. Беларусь сегодня. URL: <https://www.sb.by/articles/blyudo-v-pechat.html> (дата обращения: 22.06.2023).
11. Подлипская Т. В. БПУ открылась учебно-экспериментальная лаборатория «Аддитивные технологии в производстве» // Mogilevnews.by: сайт. URL: <https://mogilevnews.by/news/06-05-2021-18-07/71863> (дата обращения: 22.06.2023).
12. Применение 3D-принтера для формирования изделий из шоколада / А. И. Ермаков [и др.] // Репозиторий Белорусского государственного аграрного технического университета. URL: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/511/5/Primenenie-3D-printera-dlya-formovaniya-izdelij-iz-shokolada.pdf> (дата обращения: 22.06.2023).
13. Голод не грозит: израильская компания намерена печатать на 3D-принтере несколько тонн мяса в день // iXBT.com: сайт. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/10/20/golod-ne-grozit-izrajskaja-kompanija-namerena-pechatat-na-3dprintere-neskolko-tonn-mjasa-v-den.html> (дата обращения: 22.06.2023).
14. Anukiruthika, T., Moses J. A., Anandharamkrishnan C. 3D printing of egg yolk and white with rice flower blends // Journal of Food Engineering. 2020. Vol. 265. P. 1–5. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.109691.
15. 3D printing as novel tool for fruit-based functional food production / I. Tomasević [et al.] // Food Science. 2021. Vol. 41. P. 138–145. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.03.015.
16. Pulsed electric field: A new way to improve digestibility of cooked beef / Z. F. Bhat [et al.] // Meat Science. 2019. Vol. 155. P. 79–84. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.005.
17. Dick A., Bhandari B., Prakash S. 3D printing of meat // Meat Science. 2019. Vol. 153. P. 35–44. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.03.005.

18. Chen H., Zhang M., Rao Z. Effect of ultrasound-assisted thawing on gelling and 3D printing properties of silver carp surimi // *Food Research International*. 2021. Vol. 145. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110405.
19. В Израиле впервые изготовили искусственное мясо рыбы с помощью 3D-принтера // Smartpress.by: сайт. URL: <https://smartpress.by/news/42054/> (дата обращения: 15.06.2023).
20. Assessment of 3D printability of composite dairy matrix by correlating with its rheological properties / S. Joshi [et al.] // *Food Research International*. 2021. Vol. 141. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110111.
21. Бурдо Ю. Ни рыба ни мясо? // *Вечерний Минск*. 2023. 27 апреля. С. 10–11.
22. Мелещеня А., Шапель Т. Моделирование и производство сбалансированных продуктов питания на основе аддитивных технологий // *Обеспечение качества продукции АПК в условиях региональной и международной интеграции: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 16 окт. 2020 г. Минск, 2021. С. 162–165. DOI: 10.47612/978-985-7149-55-1-2020-162-165.*
23. Егоров К. Н. Аддитивные технологии: проблемы и перспективы развития // *Наука и просвещение в современной России: материалы Всеросс. науч.-практ. конф., Чебоксары, 12 авг. 2021 г. Чебоксары, 2021. С. 5–14.*
24. Егоров К. Н., Егорова С. А., Петрякова В. Г. Аддитивные технологии в пищевой промышленности: проблемы безопасности и перспективы развития // *Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 19 марта 2021 г. Уфа, 2021. С. 6–21.*
25. Каленик Т. К., Чернышева И. В. Комплексная система оценки качества и безопасности пищевых продуктов с использованием информационных технологий // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 4 (27). С. 150–154.
26. Паневчик В. В., Судиловская Л. М. Стандартизация как инструмент внедрения инновационных технологий // *Электронная библиотека БГТУ*. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/44409/1/Паневчик.%20Стандартизация.pdf> (дата обращения: 23.06.2023)
27. Смыков И. Т. Инновационные технологии пищевой промышленности: социально-этические проблемы // *Развитие науки и технологий в эпоху глобальной трансформации: монография. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2023. С. 6–49. DOI: 10.46916/03022023-3-978-5-00174-853-3.*

References

1. Market Synopsis. Available at: <https://www.emergenresearch.com/industry-report/food-tech-market> (accessed 22.06.2023).
2. Bhat Z. F., Morton J. D., Kumar S., Bhat H. F., Aadil R. M., Bekhit A. A. 3D printing: Development of animal products and special foods. *Food Science & Technology*, December 2021, vol. 118, Part A, pp. 87–105. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.09.020.
3. Bhat Z. F., Morton J. D., Bekhit A. A., Kumar S., Bhat H. F. Emerging processing technologies for improved digestibility of muscle proteins. *Food Science & Technology*, April 2021, vol. 110, Part A, pp. 226–239. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.010.
4. Bhat Z. F., Morton J. D., Mason S. L., Bekhit A. A. Pulsed electric field: Role in protein digestion of beef Biceps femoris. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, December 2018, vol. 150, pp. 132–138. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.09.006.
5. Bhat Z. F., Morton J. D., Mason S. L., Bekhit A. A. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. *Food Chemistry*, February 2020, vol. 306, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125622.
6. Chekhovich A. Artificial intelligence and additive technologies: interaction prospects. Available at: <https://blog.iqb.ru/ai-3d-printing-intersection/> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
7. Balykhin M. Printed products 3D printers in the food industry: fiction or the near future. Available at: <https://kachestvo.pro/innovatsii/napechatannye-produkty> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
8. Dresvyannikov V. A. Strakhov E. P., Voymishheva A. S. Analysis of the application of additive technologies in the pulp industry. *Prodovolstvennaya politika i bezopasnost'* [Food policy and security], 2017, no. 3, pp. 133–139. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-additivnyh-tehnologiy-v-pishevoy-promyshlennosti> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
9. Korniyenko V. Yu., Minayev M. Yu. Trends in the development of 3D food printing. *Pishhevyye sistemy* [Food systems], 2022, vol. 5, no. 1, pp. 23–29. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-23-29 (In Russian).

10. Belarusian scientists are developing a technology for 3D printing food with natural ingredients. Available at: <https://www.sb.by/articles/blyudo-v-pechat.html> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
11. Podlipskaya T. V. BRU opened an educational and experimental laboratory “Additive technologies in production”. Available at: <https://mogilevnews.by/news/06-05-2021-18-07/71863> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
12. Ermakov A. I. The use of a 3-D printer for the formation of chocolate products. Available at: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/511/5/Primenenie-3D-printera-dlya-formovaniya-izdelij-iz-shokolada.pdf> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
13. Hunger does not threaten: an Israeli company intends to print several tons of meat per day on a 3D printer. Available at: <https://www.ixbt.com/news/2022/10/20/golod-ne-grozit-izrailskaja-kompanija-namerena-pechatat-na-3dprintere-neskolko-tonn-mjasa-v-den.html> (accessed 22.06.2023) (In Russian).
14. Anukiruthika T., Moses J. A., Anandharamakrishnan C. 3D printing of egg yolk and white with rice flower blends. *Journal of Food Engineering*, January 2020, vol. 265, pp. 1–5. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.109691.
15. Tomasević I. 3D printing as novel tool for fruit-based functional food production. *Food Science*, October 2021, vol. 41, pp. 138–145. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.03.015.
16. Bhat F. Z., Morton J. D., Mason S. L., Jayawardena S. R., Bekhit A. A. Pulsed electric field: A new way to improve digestibility of cooked beef. *Meat Science*, September 2019, vol. 155, pp. 79–84. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.005.
17. Dick A., Bhandari B., Prakash S. 3D printing of meat. *Meat Science*, July 2019, vol. 153, pp. 35–44. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.03.005.
18. Chen H., Zhang M., Rao Z. Effect of ultrasound-assisted thawing on gelling and 3D printing properties of silver carp surimi. *Food Research International*, July 2021, vol. 145, pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110405
19. In Israel, for the first time, artificial fish meat was made using a 3D printer. Available at: <https://smartpress.by/news/42054/> (accessed 15.06.2023) (In Russian).
20. Joshi S., Sahu J. K., Baren M. A., Prakash S., Bhandari B., Sharma N., Naik S. N. Assessment of 3D printability of composite dairy matrix by correlating with its rheological properties. *Food Research International*, March 2021, vol. 141, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110111.
21. Burdo Y. Neither fish nor meat? *Vecherniy Minsk* [Evening Minsk], 2023, pp. 10–11 (In Russian).
22. Meleshchenya A., Shakel' T. Modeling and production of balanced food products based on additive technologies. *Obespecheniye kachestva produktsii APK v usloviyakh regionalnoy i mezhdunarodnoy integratsii: materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Ensuring the quality of agricultural products in the context of regional and international integration: materials of the III International scientific and practical conference]. Minsk, 2021, pp. 162–165. DOI: 10.47612/978-985-7149-55-1-2020-162-165 (In Russian).
23. Yegorov K. N. Additive technologies: problems and development prospects. *Nauka i prosveshheniye v sovremennoy Rossii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science and education in modern Russia: materials of the All-Russian scientific and practical conference]. Cheboksary, 2021, pp. 5–14 (In Russian).
24. Yegorov K. N., Yegorova S. A., Petryakova V. G. Additive technologies in the food industry: security problems and development prospects. *Aktual'nyye voprosy sovremennoy nauki: teoriya, tekhnologiya, metodologiya i praktika: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Topical issues of modern science: theory, technology, methodology and practice: materials of the International scientific and practical conference]. Ufa, 2021, pp. 6–21 (In Russian).
25. Kalenik T. K., Chernysheva I. V. A comprehensive system for assessing the quality and safety of food products using information technologies. *Tekhnika i tekhnologiya pishhevyykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2012, no. 4 (27), pp. 150–154 (In Russian).
26. Panevchik V. V., Sudilovskaya L. M. Standardization as a tool for introducing innovative technologies. Available at: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/44409/1/Паневчик.%20Стандартизация.pdf>. (accessed 23.06.2023) (In Russian).
27. Smykov I. T. Innovative technologies of the food industry: social and ethical problems. *Razvitie nauki i tekhnologiy v epokhu global'noy transformatsii* [Development of science and technology in the era of global transformation]. Petrozavodsk, International Centre for Scientific Partnership “Novaya Nauka Publ.”, 2023. Pp. 6–49. DOI: 10.46916/03022023-3-978-5-00174-853-3 (In Russian).

Информация об авторах

Гринцевич Любовь Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика и управление инновационными проектами в промышленности». Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: grinyaya@mail.ru

Шевченко Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры «Межкультурная профессиональная коммуникация». Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: n.shevchenko2010@mail.ru

Information about the authors

Grintsevich Lyubov' Vladimirovna – PhD (Economics), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Economics and Management of Innovative Projects in Industry. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grinyaya@mail.ru

Shevchenko Natalia Vladimirovna – Senior Lecturer, the Department of Cross-cultural Professional Communication. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: n.shevchenko2010@mail.ru

Поступила 10.07.2023