

УДК 664 : 004

**О.И. Родионова,***лаборант кафедры товароведения факультета управления и технологий  
Хабаровского государственного университета экономики и права***А.В. Алешков,***канд. техн. наук,**доцент кафедры товароведения факультета управления и технологий  
Хабаровского государственного университета экономики и права***В.А. Синюков,***канд. экон. наук,**доцент кафедры экономики и управления на предприятиях торговли,  
заместитель декана факультета управления и технологий  
по воспитательной и профориентационной работе  
Хабаровского государственного университета экономики и права*

### 3D-ПЕЧАТЬ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

*Предлагаемый обзор пищевой продукции, изготовленной методом 3D печати, продолжает цикл статей об инновационных технологиях в пищевой индустрии. Авторами проведён анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз новой технологии (SWAT-анализ), показаны перспективы и риски внедрения технологии 3D печати пищевой продукции на отечественных предприятиях пищевой промышленности и общественного питания.*

**Ключевые слова:** 3D печать пищевой продукции, пищевая индустрия продовольственная проблема, инновационное развитие.

*The proposed review of food products manufactured by 3D printing continues the series of articles on innovative technologies in the food industry. The authors analyzed the strengths, weaknesses, opportunities and threats of the new technology (SWAT-analysis). The prospects and risks of the introduction of 3D printing technology of food products in the domestic food industry and catering are presented.*

**Keywords:** 3D printing of food products, food industry, food problem, innovative development.

Инновационное развитие пищевой индустрии и общественного питания характеризуется мультидисциплинарностью и использованием ресурсов из новых областей знаний. Примерами этого процесса являются производство инновационной пищевой продукции на основе генно-инженерно-модифицированных организмов [1], включая продукцию синтетиче-

ской биологии [2], выращивание мясных продуктов *in vitro* (в пробирке) [3], персонализированное питание на основе нутригеномики, учитывающей генетические особенности индивида [4], пищевые нанотехнологии [5], технологии молекулярной кухни [6]. Сегодня к этому необходимо добавить и пищевые технологии 3D-печати, анализу которых посвящен

данный обзор. Вклад в развитие и популяризацию технологии 3D-печати пищевой продукции в разные годы внесли T. Rayna, L. Striukova, J. Darlington, J. Sun, Z. Peng, W. Zhou, J.Y.H. Fuh, G.S. Hong, A. Chiu, C. Lin, K. Wiggers, A. Pearson, F. Houser, S.M.R. Azam, M. Zhang, A.S. Mujumdar, C. Yang, A. Derossi, R. Caporizzi, D. Azzollini, C. Severini, A. Konig, K. Thongpull, V. Vancauwenberghe, L. Katalagarianakis, Z. Wang, M. Meerts, M. Hertog, P. Verboven, P. Moldenaers, M.E. Hendrickx, J. Lammertyn, B. Nicolai [7–17], а также отечественные ученые А.С. Гришин, О.В. Бредихина, А.С. Помоз, В.Г. Пономарев, О.Н. Красуля [18] и др.

3D-печать (от англ. *3-dimensional*, то есть в 3 измерениях) представляет собой производство трехмерного объекта посредством сбора слоев исходного материала из цифровой модели в физическую. Сам объект может быть выполнен из пластика, керамики, стекла, металла, воска, живых клеток (в медицине) и пищевого сырья. Несмотря на то, что технология 3D-печати практически с момента зарождения в 1980-х гг. рассматривалась в том числе и для производства пищевой продукции, в пищевую индустрию она внедрена сравнительно недавно [19]. В качестве сырьевого материала при 3D-печати пищевой продукции используются в композиции на основе сахара и красителей, шоколада, сушеных фруктов, соусов, глазури, сыра, теста, мясных фаршевых композиций, гидрогелей из растений (пектин), пюре и ряда других ингредиентов, измельченных до порошкообразного состояния. В исследовании C. Severini et al в

качестве сырья для 3D-печати печенья была предложена пшеничная мука с добавлением измельченных личинок желтых мучных червей *Tenebrio molitor* как дополнительный источник белка [16].

Оборудованием, необходимым для 3D-печати пищевой продукции, является 3D-принтер – автоматизированное устройство, создающее трехмерный физический объект. Как обычный принтер, 3D-принтер получает цифровой код от компьютера, но печатает не на бумаге, а создает трехмерную модель из расходного материала путем наслаивания.

Несмотря на относительно большое число разновидностей технологии, применяемых для 3D-печати различных объектов, 3D-печать пищевой продукции осуществляется сегодня только тремя способами: послойным нанесением, капельно-порошковой печатью и селективным лазерным спеканием.

При *послойном нанесении* дозатор принтера слой за слоем выдавливает материал. Технология позволяет использовать несколько картриджей с различным материалом, для чего используется несколько печатающих головок.

При *капельно-порошковой печати* струйная печатающая головка перемещается через слой порошка (крахмала или сахара) и избирательно наносит жидкий связующий материал (воду с пищевыми добавками).

Затем на всю обработанную поверхность равномерно наносится тонкий слой порошка, и процесс повторяется заново. С каждым слоем прилипшие части порошка наслаиваются друг на друга. Для расширения цветовой палитры используют не-

сколько печатающих головок. При *селективном лазерном спекании* используют лазеры высокой мощности, что обеспечивает частичное плавление, необходимое для спекания материала. В качестве порошка также используют сахар и другие сыпучие материалы. В проведенном ис-

следовании использовали метод *SWOT*-анализа для рассмотрения отличительных особенностей *3D*-печати пищевой продукции, сгруппированных в четыре блока: сильные и слабые стороны, возможности и угрозы (см. рисунок).

<p><b>Сильные стороны:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ инновационность;</li> <li>✓ позиционирование в премиальном сегменте;</li> <li>✓ удовлетворение эстетических потребностей приобретателей;</li> <li>✓ уникальность и персонафицированность;               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ сокращение использования топлива;</li> <li>✓ экологичность</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ редкость (особенно в России);               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ высокая стоимость;</li> </ul> </li> <li>✓ ограниченное количество сырья и материалов для использования;</li> <li>✓ потребность в дополнительных знаниях сложного программного обеспечения;</li> <li>✓ длительное время приготовления сложных блюд;</li> <li>✓ ограничение размеров блюд</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ частичная замена традиционных пищевых технологий (долгосрочная перспектива);</li> <li>✓ снижение стоимости до уровня традиционной пищевой продукции (долгосрочная перспектива);</li> <li>✓ расширение ассортимента за счет функциональной и специализированной продукции</li> </ul> <p><b>Возможности:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ неясный статус безопасности пищевой продукции;</li> <li>✓ зависимость от иностранных поставщиков <i>3D</i>-принтеров, запчастей к ним, сырья и материалов;</li> <li>✓ уменьшение числа рабочих мест для предприятий общественного питания и пищевой промышленности</li> </ul> <p><b>Угрозы:</b></p>

Рисунок – Особенности пищевой продукции, полученной методами *3D*-печати

К *сильным сторонам* технологии *3D*-печати отнесена возможность позиционирования продукции в качестве инновационной, так как при ее производстве используются впервые внедренные результаты научно-исследовательских и технологических работ, а потребительские свойства являются улучшенными по сравнению с имеющимися аналогами (либо прямые аналоги отсутствуют). При этом все разработки в этой области могут быть защищены как объекты интеллектуальной собственности [20].

Для пищевой продукции, изготовленной методом *3D*-печати, характерна уни-

кальность и очень сильная персонафицированность, что выражается в возможности индивидуального подбора компонентов (в первую очередь красителей, так как использование основного сырья зачастую ограничено моделью принтера) и пространственной конфигурации изготавливаемого блюда. При этом необходимо отметить, что на современном уровне пищевая продукция *3D*-печати удовлетворяет преимущественно эстетические свойства потребителей, а не утилитарную потребность в питании. В то же время все вышеперечисленное позволяет позиционировать продукцию *3D*-печати в премиальном ценовом сегменте. Так, в 2016 г. в

Лондоне был открыт ресторан, где весь интерьер и блюда напечатаны на 3D-принтере. Кроме этого, по мнению R. Azam et al, 3D-печать, в том числе пищевой продукции, может играть большую роль в возможности сокращения потребления топлива и выбросов в окружающую среду [14].

*Слабыми сторонами* технологии являются редкость и относительно высокая стоимость оборудования и сырья для 3D-печати. Так, стоимость наименее функциональных 3D-принтеров начинается от 500 дол. США, а более профессиональных моделей – от 1200 дол. США, что, учитывая, стоимость сырьевых материалов и сервиса, может позволить себе далеко не каждое предприятие общественного питания. Следует учесть, что эти относительно недорогие модели в качестве сырья используют преимущественно сахар, что резко ограничивает ассортимент выпускаемой продукции по ее пищевой ценности. Дополнительным требованием технологического процесса 3D-печати пищевой продукции является знание технологом специализированного программного обеспечения для построения трехмерных моделей, несмотря на достаточно большие базы стандартных форм, заложенных в память современных 3D-принтеров. В то же время слабые стороны открывают *возможности* для пищевой продукции, полученной методом 3D-печати, связанные с расширением ее производства и снижением стоимости, что в будущем приведет к частичной замене традиционных методов приготовления пищи [8; 12; 13]. Кроме этого, учитывая высокую персонализированность напечатанной на 3D-принтере пищевой продукции, возможно предположить расширение ее ассортимента за счёт добавления не только пищевых добавок, но и функ-

циональных пищевых ингредиентов, что позволит производить обогащенную пищевую продукцию. Расширение спектра сырьевых источников и увеличение числа печатающих головок в 3D принтерах позволит производить продукцию с заданной пищевой, биологической и энергетической ценностью, физическими и органолептическими свойствами, то есть специализированную пищевую продукцию [15]. Используя технологию 3D-печати, можно решить проблему людей с аллергиями и недостатком биологически активных веществ в питании. Сегодня такие технологии тестируются в Германии в домах престарелых, а в Италии начинают печатать безглютеновые версии продуктов массового потребления.

К угрозам новой технологии относится необходимость разработки дополнительных процедур оценки безопасности продукции. В соответствии с техническим регламентом ТР ТС 021/2011 продукция 3D-печати попадает в категорию продукции нового вида [21], что обуславливает необходимость оценки ее соответствия в форме государственной регистрации [22]. Однако даже при этой процедуре исследуется ограниченная номенклатура показателей безопасности: содержание токсичных элементов (ртуть, мышьяк, свинец, кадмий), радионуклидов (цезий-137 и стронций-90) и микробиологические. В то же время технология 3D-печати может нести в себе и другие риски, связанные с образованием токсинов и снижением пищевой ценности в ходе высокотемпературного нагрева ингредиентов, использованием широкого спектра пищевых добавок, не учитываемые при государственной регистрации. Необходимо также внести дополнения в порядок обязательной сертификации 3D-принтеров. В настоящий момент это оборудование получает

сертификат соответствия техническим регламентам ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», что не учитывает такую особенность его применения в пищевой промышленности и общественном питании, как контакт с пищевой продукцией. Таким образом, в ближайшее время предстоит дополнить процедуры, связанные с оценкой безопасности пищевой продукции, полученной методом 3D-печати. Следующая угроза технологии 3D-печати пищевой продукции связана с импортозависимостью Российской Федерации от оборудования и комплектующих к нему, а также сырьевых компонентов. Вероятно, развитие собственного производства 3D-принтеров для печати пищевой продукции не только позволит решить данную проблему, но и приведет к снижению стоимости продукции. Однако А. Pearson предупреждает, что при массовом внедрении технологии возрастет риск уменьшения числа рабочих мест в пищевой промышленности и общественном питании, то есть безработицы [12].

Таким образом, перспективность новой технологии 3D-печати пищевой продукции очевидна, и в ближайшие годы следует готовиться к ее массовому распространению. Наблюдаемый интерес к технологии позволяет говорить о становлении и развитии нового научного направления, а саму пищевую продукцию, полученную с помощью данной технологии, следует считать инновационной. В то же время даже в долгосрочном прогнозе сложно рассматривать технологии 3D-печати пищевой продукции в контексте решения глобальной продовольственной проблемы, как это предлагается, например, К. Wiggers [10].

#### Список использованных источников

1 Алешков А. В. Генетически модифицированные организмы в пищевых продуктах : монография / А. В. Алешков, А. И. Окара. Хабаровск : РИЦ ХГАЭП, 2010. 188 с.

2 Алешков А. В. Синтетическая биология – вершина биотехнологий // Потребительский рынок XXI века : стратегии, технологии, инновации : материалы Международ. науч.-практич. конференции. 30 октября 2015 года / под общ. ред. канд. экон. наук В. А. Синюкова. – Хабаровск : РИЦ ХГУЭП, 2015. С. 372–376.

3 Bhat Z. F., Kumar S., Bhat H. F. In vitro meat: A future animal-free harvest // Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. Vol. 57. No. 4. P. 782–789. DOI: 10.1080/10408398.2014.924899.

4 Sikalidis A. K. From Food for Survival to Food for Personalized Optimal Health: A Historical Perspective of How Food and Nutrition Gave Rise to Nutrigenomics // Journal Of The American College Of Nutrition. 2019. Jan., 2. Volume 38. Issue 1. Pp. 84–95. DOI: 10.1080/07315724.2018.1481797.

5 Алешков А. В. Нанотехнологии в пищевой промышленности : возможности и риски / А. В. Алешков // Вестник ХГАЭП. 2011. № 3 (54). С. 135–148.

6 Алешков А. В. Молекулярная кухня : инновационно – не значит безопасно / А. В. Алешков, Т. К. Каленик // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2018. № 3 (50). С. 72–79.

7 Rayna T., Striukova L., Darlington J. Co-Creation And User Innovation: The Role Of Online 3D Printing Platforms // Journal of Engineering and Technology Management Volume 37, July–September 2015, Pages 90–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.07.002>.

8 Sun J., Peng Z., Zhou W., Fuh J. Y.H., Hong G.S., Chiu A. A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication // *Journal of Engineering and Technology Management*. Volume 37. July–September 2015. Pages 90-102 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.09.057>.

9 Wiggers K. From Pixels To Plate, Food Has Become 3D Printing's Delicious New Frontier // <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/3d-food-printers-how-they-could-change-what-you-eat/>.

10 Lin C. 3D Food Printing: A Taste of the Future // *Journal of Food Science Education* Volume 14. Issue 3. July 2015. Pages 86-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12061>.

11 Pearson A. 10 Disadvantages of 3D Printing Technology // <https://3dinsider.com/3d-printing-disadvantages/>.

12 Houser F. 3D Printed Food: A Culinary Guide to 3D Printing Food // <https://all3dp.com/1/3d-printed-food-3d-printing-food/>.

13 Azam R., Zhang M., Mujumdar A.S., Yang C. Study On 3D Printing Of Orange Concentrate And Material Characteristics // *Journal of Food Process Engineering*. Volume 41. Issue 5. August 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12689>.

14 Derossi A., Caporizzi R., Azzollini D., Severini C. Application Of 3D Printing For Customized Food. A Case On The Development Of A Fruit-Based Snack For Children // *Journal Of Food Engineering* 2018. Volume 220. Pp. 65-75. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015).

15 Konig, A., Thongpull, K. Lab-On-Spoon - A 3-D Integrated Hand-Held Multi-Sensor System For Low-Cost Food Quality, Safety, And Processing Monitoring In Assisted-Living Systems // *Journal Of Sensors And Sensor Systems*. 2015. Volume 4. Pp.63-75. DOI: [10.5194/jsss-4-63-2015](https://doi.org/10.5194/jsss-4-63-2015).

16 Severini C., Azzollini D., Albenzio M., Derossi A. On Printability, Quality And

Nutritional Properties Of 3D Printed Cereal Based Snacks Enriched With Edible Insects // *Food Research International*. 2018. Volume 106. Pp.666-676. DOI: [10.1016/j.foodres.2018.01.034](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.034).

17 Vancauwenberghe V., Katalagariakakis L., Wang Z., Meerts M., Hertog M., Verboven P., Moldenaers P., Hendrickx M.E., Lammertyn J., Nicolai B. Pectin Based Food-Ink Formulations For 3-D Printing Of Customizable Porous Food Simulants // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2017. Volume 42. Pp.138-158. DOI: [10.1016/j.ifset.2017.06.011](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.011).

18 Гришин А. С. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А. С. Гришин, О. В. Бредихина, А. С. Помоз, В. Г. Пономарев, О. Н. Красуля // *Вестник ЮУрГУ*. 2016. № 2. Т. 4. С. 36–44. (Пищевые и биотехнологии).

19 Краткая история 3D-печати. 3D-wiki // <http://www.3dpulse.ru/news/interesnoe-o-3d/kratkaya-istoriya-3d-pechat/>.

20 Об утверждении критериев отнесения товаров, работ и услуг к инновационной продукции и (или) высокотехнологичной продукции по отраслям, относящимся к установленной сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации : приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 01.11.2012 г. № 1618 // <https://rg.ru/2013/03/20/kriterii-dok.html>.

21 О безопасности пищевой продукции // Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 // [www.gost.ru](http://www.gost.ru).

22 Алешков А. В. Техническое регулирование инновационной пищевой продукции / А. В. Алешков, Т. К. Каленик // *Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление*. 2017. № 1 (81). С. 102–112.