

# 3D-печать В ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ



**Гордей Гусаков,**  
директор Института мясо-молочной промышленности, кандидат экономических наук, доцент



**Ирина Калтович,**  
заведующий научно-организационным отделом Института мясо-молочной промышленности, кандидат технических наук, доцент

В эпоху индустриализации и высокого динамизма возрастает спрос на новые нишевые продукты с уникальными свойствами – индивидуализированной пищевой и биологической ценностью, консистенцией, дизайном, формой, вкусом и др. Одним из инновационных направлений в данной области является моделирование продуктов питания с использованием аддитивных технологий (3D-принтинга, или 3D-печати, или 3DP), которые представляют собой процесс производства посредством сбора слоев исходного материала для создания трехмерного физического объекта из его цифровой модели [1, 4–6].

Печать изделий происходит путем послойного их формирования с помощью 3D-принтеров. Достоинством данных технологий является возможность быстрого и относительно недорогого изготовления сложных конструкций по индивидуальным проектам, что очень важно для пищевой промышленности [2, 3, 7].

Производство готовых изделий по индивидуальным заказам актуально и для предприятий общественного питания (рестораны, кафе, пиццерии и т.д.). Качество пищевой продукции, выпускаемой таким образом (пироги, пицца и др.), в значительной степени зависит от квалификации специалистов, с чем часто возникают проблемы. Автоматизация труда, в отличие от других областей пищевой промышленности, не производится (имеет место лишь частичная механизация) [1, 5, 8].

3D-печать позволяет оперативно вносить изменения в продукцию – убирать или добавлять элементы, а значит, быстро адаптировать товар под требования потребителя с уникаль-

ными предпочтениями. Этот сегмент рынка весьма динамичен и активно развивается. Среднегодовой темп его роста – около 16%. Использование аддитивных технологий для пищевой, в том числе мясоперерабатывающей, промышленности в нашей стране представляет значительный интерес [1–4, 6, 7].

Специалистами нашего института создано новое направление в пищевой промышленности Республики Беларусь и разработаны технологии производства натуральных 3D-мясных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов), а также мясных смесей и эмульсий из высококачественного сырья (свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров) для принтинга (рис. 1). Это способствует решению следующих задач:

- изготовлению уникальных изделий нестандартной формы, дизайна с заданным вкусом и другими характеристиками по специализированным заказам потребителя;
- развитию персонализированного, лечебно-профилактического и диетического, спортивного, детского, геродиетического питания благодаря

возможности моделирования нутриентного состава продуктов с высокой степенью точности и включению компонентов, необходимых конкретному человеку в требуемом количестве (к примеру, при недостатке в организме железа, кальция, отдельных аминокислот и других незаменимых микронутриентов) или, наоборот, исключению из состава продуктов аллергенных компонентов;

- удовлетворению потребности особых секторов экономики в пищевых продуктах повышенной пищевой и биологической ценности (туристической отрасли, медицины и др.);
- ускорению процессов изготовления сложных блюд в домашних условиях, кафе и ресторанах.

Разработанные 3D-мясные изделия, смеси и эмульсии для принтинга характеризуются рядом конкурентных преимуществ: индивидуализированной пищевой и биологической ценностью, сбалансированными соотношениями аминокислот, жирных кислот, минеральных веществ; натуральным составом, отсутствием



Рис. 1. Инновационные мясные 3D-продукты

Наименование показателя	Сухие смеси для изготовления кулинарных изделий			Эмульсии для изготовления кулинарных изделий		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	86,1	81,4	82,6	28,0	29,5	32,7
Содержание жира, %	6,9	13,1	12,1	0,9	4,7	5,1
Содержание влаги, %	6,9	5,5	5,2	69,4	65,2	62,0
Соотношение белок:жир	12,5:1	6,2:1	6,8:1	31,1:1	6,3:1	6,4:1

Таблица 1. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления кулинарных изделий

Наименование показателя	Сухие смеси для изготовления полуфабрикатов			Эмульсии для изготовления полуфабрикатов		
	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)	из мяса цыплят-бройлеров	из мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1)	из свинины и говядины (соотношение 1:1)
Содержание белка, %	88,1	75,1	81,4	20,8	26,5	19,8
Содержание жира, %	6,5	18,3	9,2	2,3	5,6	3,7
Содержание влаги, %	5,3	7,4	9,2	78,1	64,5	74,9
Соотношение белок:жир	13,6:1	4,1:1	8,9:1	9,0:1	4,7:1	5,4:1

Таблица 2. Содержание белка, жира и влаги в сухих смесях и эмульсиях для изготовления полуфабрикатов

пищевых добавок (красителей, усилителей вкуса и аромата, консервантов, стабилизаторов и др.). Установлено, что сухие смеси и эмульсии на основе мяса цыплят-бройлеров, а также свинины и мяса цыплят-бройлеров, говядины и свинины (в соотношениях 1:1) отличаются высоким содержанием белка (до 86,1–88,1% и 26,5–32,7%) и низким содержанием жира (до 6,5–6,9% и 0,9–2,3% соответственно), что обосновывает перспективы их использования для изготовления натуральных высококачественных 3D-мяс-

ных продуктов (кулинарных изделий и полуфабрикатов) (табл. 1, 2). Вместе с тем соотношение белка и жира в сухих смесях для изготовления кулинарных изделий и полуфабрикатов варьирует в диапазоне 4,1:1–13,6:1, в то время как в эмульсиях – 4,7:1–31,1:1, что свидетельствует об их высокобелковой направленности (табл. 1, 2).

Кроме того, значимым конкурентным преимуществом является возможность придания оригинальных технологических параметров готовым продук-

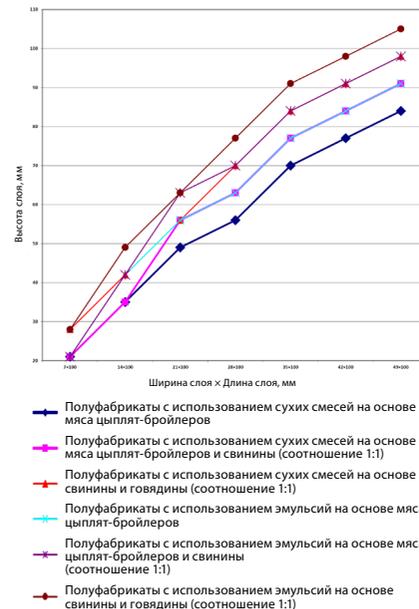


Рис. 2. Рациональные параметры изготовления полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

там (дизайн, форма, вкус и др.). Наряду с этим сухие смеси для 3D-принтинга легко транспортибельны, имеют длительные сроки хранения (6 месяцев при  $t=18\pm 2^\circ\text{C}$ ), их удобно употреблять в экспедициях, походах и др.

Научно обоснована рациональная высота слоя, позволяющая обеспечить устойчивость и сохранность формы полуфабрикатов с использованием сухих смесей на основе мяса цыплят-бройлеров, а также его комбинации со свининой, свининой и говядиной (в соотношениях 1:1):

- до 21–28 мм – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- до 35–42 мм – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- до 49–56 мм – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- до 56–70 мм – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- до 70–84 мм – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- до 77–91 мм – при ширине и длине слоя 42×100 мм;

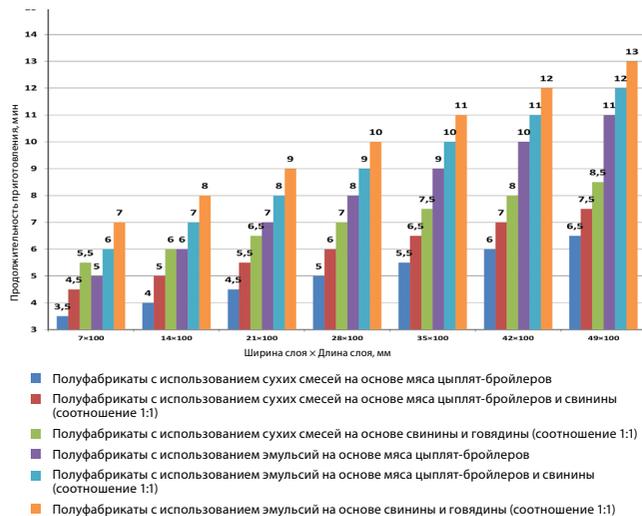


Рис. 3. Рациональные параметры приготовления в СВЧ полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

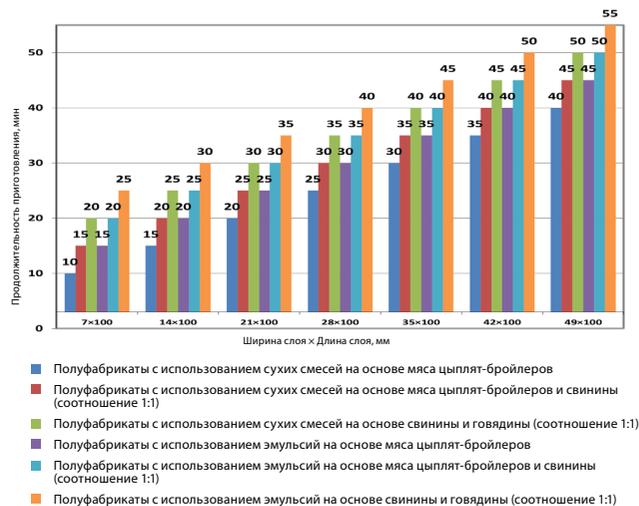


Рис. 4. Рациональные параметры запекания в духовке полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

■ до 84–98 мм – при ширине и длине слоя 49×100 мм (рис. 2).

При этом полуфабрикаты характеризуются улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями. Предельное напряжение сдвига изделий на основе мяса цыплят-бройлеров составляет 1078,3–1080,5 Па; на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1086,4–1088,3 Па; на основе свинины и говядины (1:1) – 1096,5–1098,4 Па. Влагосвязывающая способность – 95,9–96,8%, 93,2–94,4% и 92,2–93,3% соответственно.

В то же время использование эмульсий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также комбинации мяса цыплят-бройлеров и свинины, свинины и говядины (в соотношениях 1:1) для изготовления полуфабрикатов позволяет обеспечить следующую рациональную высоту их слоя (при фиксированной его длине 100 мм):

- до 21–28 мм – при ширине слоя 7 мм;
- до 42–49 мм – при ширине слоя 14 мм;

■ до 56–63 мм – при ширине слоя 21 мм;

- до 63–77 мм – при ширине слоя 28 мм;
- до 77–91 мм – при ширине слоя 35 мм;
- до 84–98 мм – при ширине слоя 42 мм;
- до 91–105 мм – при ширине слоя 49 мм (рис. 2).

При этом полуфабрикаты характеризуются оптимальными функционально-технологическими и структурно-механическими параметрами: предельное напряжение сдвига изделий на основе мяса цыплят-бройлеров составляет 1080,7–1082,9 Па; цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1088,6–1090,4 Па, свинины и говядины (1:1) – 1097,9–1099,7 Па, влагосвязывающая способность – 97,3–98,1%; 94,8–96,0%; 93,9–94,8% соответственно.

Определена рациональная продолжительность доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов в СВЧ (мощность – 800 Вт) с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также ком-

бинации мяса цыплят-бройлеров и свинины, свинины и говядины (соотношение 1:1) при максимально возможной высоте слоя:

- 3,5–5,5 мин и 5–7 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 4–6 мин и 6–8 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 4,5–6,5 мин и 7–9 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 5–7 мин и 8–10 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 5,5–7,5 мин и 9–11 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 6–8 мин и 10–12 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 6,5–8,5 мин и 11–13 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 3).

Установлено, что оптимальная продолжительность запекания в духовке (180 °С) полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий при максимальной высоте слоя составляет:

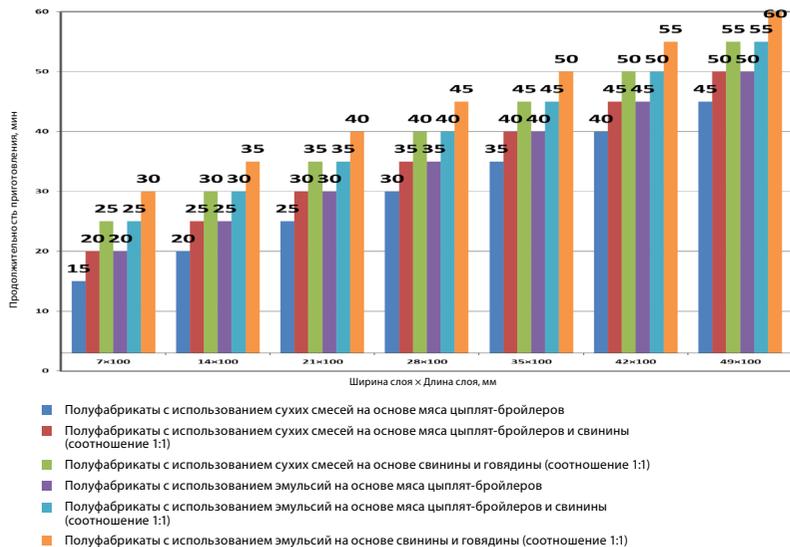


Рис. 5. Рациональные параметры приготовления в пароконвектомате полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

**на основе мяса цыплят-бройлеров:**

- 10 мин и 15 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;
- **на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1):**
- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;

**на основе свинины и говядины (соотношение 1:1):**

- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
- 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
- 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
- 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
- 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
- 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 4).

Определено, что рациональная продолжительность приготовления в пароконвектомате (95–100 °С) полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий при максимальной высоте слоя, обеспечивающей сохранность формы изделия, составляет:

**на основе мяса цыплят-бройлеров:**

- 15 мин и 20 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;

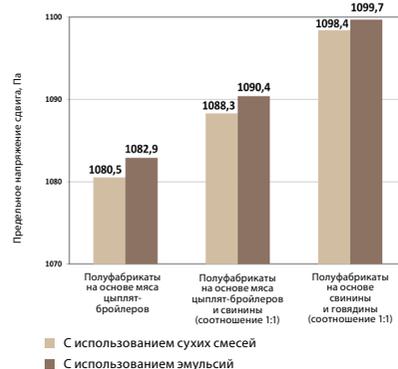


Рис. 6. Предельное напряжение сдвига полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

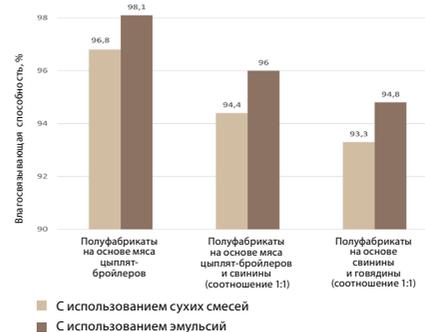


Рис. 7. Влагосвязывающая способность полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий

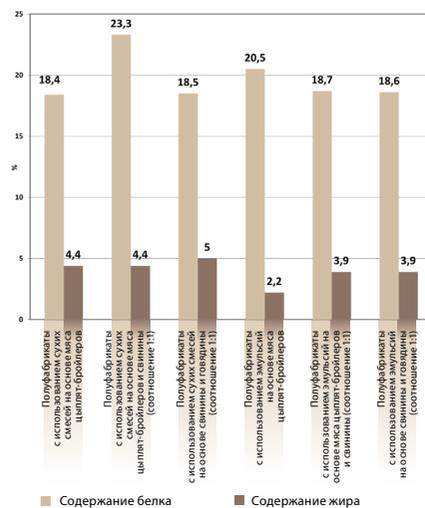


Рис. 8. Пищевая ценность полуфабрикатов с использованием смесей и эмульсий для аддитивных технологий

- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
  - 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
  - 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
  - 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
  - 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;
- на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1):**
- 20 мин и 25 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
  - 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
  - 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
  - 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
  - 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
  - 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
  - 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм;
- на основе свинины и говядины (соотношение 1:1):**
- 25 мин и 30 мин – при ширине и длине слоя 7×100 мм;
  - 30 мин и 35 мин – при ширине и длине слоя 14×100 мм;
  - 35 мин и 40 мин – при ширине и длине слоя 21×100 мм;
  - 40 мин и 45 мин – при ширине и длине слоя 28×100 мм;
  - 45 мин и 50 мин – при ширине и длине слоя 35×100 мм;
  - 50 мин и 55 мин – при ширине и длине слоя 42×100 мм;
  - 55 мин и 60 мин – при ширине и длине слоя 49×100 мм соответственно (рис. 5).
- На основании проведенных исследований разработана технологическая схема изготовления полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий на основе мяса цыплят-бройлеров, а также комбинации мяса цыплят-бройлеров и свинины,

свинины и говядины (в соотношениях 1:1), учитывающая рациональные параметры изделий (ширина, длина и высота слоя), обеспечивающие устойчивость и сохранность формы, а также оптимальные параметры доведения до кулинарной готовности полуфабрикатов в зависимости от размеров продуктов и способа термообработки (приготовление в пароконвектомате, СВЧ, запекание в духовке).

Изучение показателей качества полуфабрикатов с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий позволило установить, что изделия характеризуются улучшенными функционально-технологическими и структурно-механическими показателями: предельное напряжение сдвига продуктов на основе мяса цыплят-бройлеров – 1080,5–1082,9 Па, на основе мяса цыплят-бройлеров и свинины (соотношение 1:1) – 1088,3–1090,4 Па, на основе свинины и говядины (1:1) – 1098,4–1099,7 Па, влагосвязывающая способность –

96,8–98,1%; 94,4–96,0%; 93,3–94,8% соответственно (рис. 6, 7).

Выявлено, что в полуфабрикатах с использованием сухих смесей и эмульсий для аддитивных технологий содержится 18,4–23,3% белка и 2,2–5,0% жира, а их соотношение составляет 3,7:1–9,3:1, что свидетельствует о высокой пищевой ценности изделий (рис. 8).

Таким образом, использование аддитивных технологий в мясоперерабатывающей промышленности и сегменте HoReCa позволяет создавать натуральные уникальные высококачественные 3D-продукты (полуфабрикаты и кулинарные изделия) с учетом индивидуальных физиологических потребностей конкретного человека, что способствует развитию персонализированного, лечебно-профилактического и диетического, спортивного, детского, геродиетического питания, оказывает положительное влияние на укрепление здоровья нации и обеспечивает повышение конкурентоспособности пищевой промышленности Республики Беларусь. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новые технологии в индустрии питания – 3D-печать / А.С. Гришин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые биотехнологии». 2016. Т.4. №2. С. 36–44.
2. Применение 3D-принтера для формования изделий из шоколада / А.И. Ермаков [и др.] // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. науч.-тех. конф. «Наука, образование – производству, экономике». Минск, 26–28 января 2016 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2016. С. 42–43.
3. Ермаков А.И. Разработка конструкции 3D-принтера, печатающего пищевыми материалами / А.И. Ермаков, С.В. Чайко // Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий: материалы 13-го междунар. науч. семинара, проводимого в рамках 15-й междунар. научно-технической конференции «Наука, образование – производству – экономике». Минск, 26–28 января 2017 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2017. С. 255–256.
4. О.Н. Колмыкова. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения / О.Н. Колмыкова, Т.В. Кудрявцева // Социально-экономические явления и процессы. 2011. №5–6. С. 127–129.
5. К использованию трехмерной печати пищевых продуктов, одежды / В.З. Крученецкий [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. 2016. №3 (112). С. 18–25.
6. А.В. Морозов. Перспективы развития инновационного технологического уклада / А.В. Морозов, Р.Р. Низамов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №20. С. 331–334.
7. Потеха В.Л. Аддитивные технологии в пищевой отрасли / В.Л. Потеха, А.В. Потеха // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 окт. 2016 г.: в 2 ч. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по продовольствию; ред.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2016. Ч. 1. С. 9–10.
8. С.Л. Шварцев. Есть ли будущее у аддитивных технологий? // Вестник Российской академии наук. Серия «Дискуссионная трибуна». 2017. Т. 87, №6. С. 538–547.