

Дальнейшее увеличение продолжительности экстракции свыше 120 мин отрицательно влияет на процесс студнеобразования. Таким образом, проведенные исследования по оценке технологической эффективности кинетики процесса экстрагирования посредством оценки технологических параметров (коэффициент диффузии, коэффициент массоотдачи пектиновых веществ, студнеобразующая способность пектина) показали, что оптимальными являются следующие условия экстракции: концентрация лимонной кислоты – 0,1 %; температура – 85 °С; экспозиция – 120 мин.

Заключение. Исследование влияния основных технологических параметров (температура, продолжительность экстракции, вид агента) на процесс экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины с учетом физико-химического анализа ее сортов показало, что при оптимальных технологических параметрах (температуре 85°С и продолжительности экстракции 2 ч) с использованием в качестве гидролизующего агента лимонной кислоты с концентрацией 0,1 % выход пектина повышается в 1,62 раза по сравнению с азотной кислотой.

Литература

1. *Василенко З.В.* Влияние условий процесса гидролиза-экстрагирования протопектина яблочных выжимок на качество получаемого пектина // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2006. – № 8. – С. 25–27.
2. *Красноселова Е.А.* Разработка технологии комплексной переработки яблок летних и осенних сортов с получением пектина и пектинопродуктов функционального назначения: дис. ...канд. техн. наук. – Краснодар, 2007. – 187 с.
3. *Кузнецов Д.В., Шестакин А.И.* Влияние концентрации и природы гидролизующего агента на степень этерификации свежесочного пектина // *Изв. вузов. Пищевая технология*. – 2000. – № 2/3. – С. 17–18.
4. *Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В.* Оптимальный режим гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из свежесочного жома // *Хлебопекарная и кондитерская пром-сть*. – 1985. – № 4. – С. 34–35.



УДК 664.68

Н.Н. Тупсина, В.В. Матюшев, А.А. Беляков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

В статье представлена информационно-логическая модель технологической системы для расчета выхода готовой продукции бисквитного полуфабриката с добавлением порошка из ламинарии.

Ключевые слова: технология производства, порошок из ламинарии, сахарное печенье, бисквитный полуфабрикат, моделирование потоков, информационно-логическая модель.

N.N. Tipsina, V.V. Matyushev, A.A. Belyakov

THE USE OF THE NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN FOOD PRODUCTION

The information and logical model of the technological system to calculate the finished production yield of the sponge cake half-finished product with the added kelp powder is presented in the article.

Key words: production technology, kelp powder, sugar biscuits, sponge cake half-finished product, flow simulation, information and logical model.

Введение. Кондитерские изделия – удобный объект для обогащения микронутриентами, дефицит которых представляет собой серьезную проблему в нашей стране. Используемые при производстве кондитерских изделий компоненты содержат незначительное количество минеральных веществ и витаминов, которые в процессе технологической переработки разрушаются. При этом снижается пищевая, прежде всего витаминная ценность продукта. Обогащение кондитерских изделий, таким образом, становится не только целесообразным, но и абсолютно необходимым. Одним из важных направлений повышения эффективности технологических процессов кондитерского производства является использование нетрадиционного сырья, ко-

торое способствует повышению пищевой ценности изделий, экономии дорогостоящего сырья, интенсификации отдельных стадий производства [1, 2, 3].

Одним из нетрадиционных источников сырья являются морские водоросли, которые используются для приготовления пищевых и лечебно-профилактических продуктов, в качестве кормов и удобрений в сельском хозяйстве и сырья для химической промышленности. Они служат сырьем для производства агара, агароида, альгиновой кислоты, маннита и других продуктов. В настоящее время в производстве используется в основном ламинария, или морская капуста. Из морской капусты вырабатывают кулинарную и консервную продукцию, пищевой порошок, кормовую крупку, альгинат натрия, маннит.

Вследствие недостаточной изученности технологических свойств порошка из ламинарии он почти не используется в кондитерской промышленности [4]. В литературных источниках недостаточно полно отражено моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции.

В этой связи изучение пищевой ценности мучных кондитерских изделий с включением порошка из ламинарии, а также моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции, является актуальной задачей.

Цель исследований. Разработка рецептур функциональных кондитерских изделий с использованием порошка из ламинарии и моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции на примере получения бисквитного полуфабриката.

Задачи исследований. Изучить влияние и определить оптимальные дозировки порошка из ламинарии на качество готовой продукции; разработать математическую модель потоков сырья в технологической системе на примере получения бисквитного полуфабриката с добавлением порошка ламинарии.

Объекты и методы исследований. Порошок из ламинарии, сахарное печенье и бисквитный полуфабрикат с добавлением порошка ламинарии.

Результаты исследований и их обсуждение. Для разработки рецептуры сахарного печенья с использованием порошка бурой водоросли ламинарии были взяты 3 образца изделия: с заменой муки на 2, 4, 6 % порошка из ламинарии. Для разработки рецептуры бисквитного полуфабриката с порошком бурой водоросли ламинарии были взяты 3 образца изделия: с заменой муки на 3, 5, 7 % порошка из ламинарии.

В технологической схеме производства разрабатываемых изделий введена дополнительная операция – введение порошка из бурой водоросли ламинарии. Пересчет рецептур полуфабрикатов с заменой пшеничной муки высшего сорта на порошок из ламинарии производится исходя из рецептуры контрольного образца. Замена осуществляется по сухим веществам заменяемого количества пшеничной муки высшего сорта идентичным количеством сухих веществ порошка ламинарии. Анализ готовых изделий проводился по органолептическим и физико-химическим показателям.

С добавлением порошка из ламинарии в печенье физико-химические показатели немного изменяются по сравнению с контрольным образцом, но остаются в норме по сравнению со всеми стандартами. В органолептической оценке изменились только параметры вкуса. Привкус морской соли растет с увеличением вносимой добавки. В печенье с 6 %-й заменой вкус явно выраженный, что мешает обычному вкусу печенья.

Дегустационная оценка разработанных образцов сахарного печенья с частичной заменой муки на порошок ламинарии на 2, 4, 6 % от массы муки проводилась по 30-балльной системе по методу Н.И. Ковалева. По результатам дегустационной оценки был сделан вывод, что образец сахарного печенья с добавлением 2 % порошка имеет в совокупности показателей наилучшие характеристики. С увеличением добавки порошка ухудшаются такие органолептические показатели изделий, как вкус, аромат, внешний вид и цвет изделия.

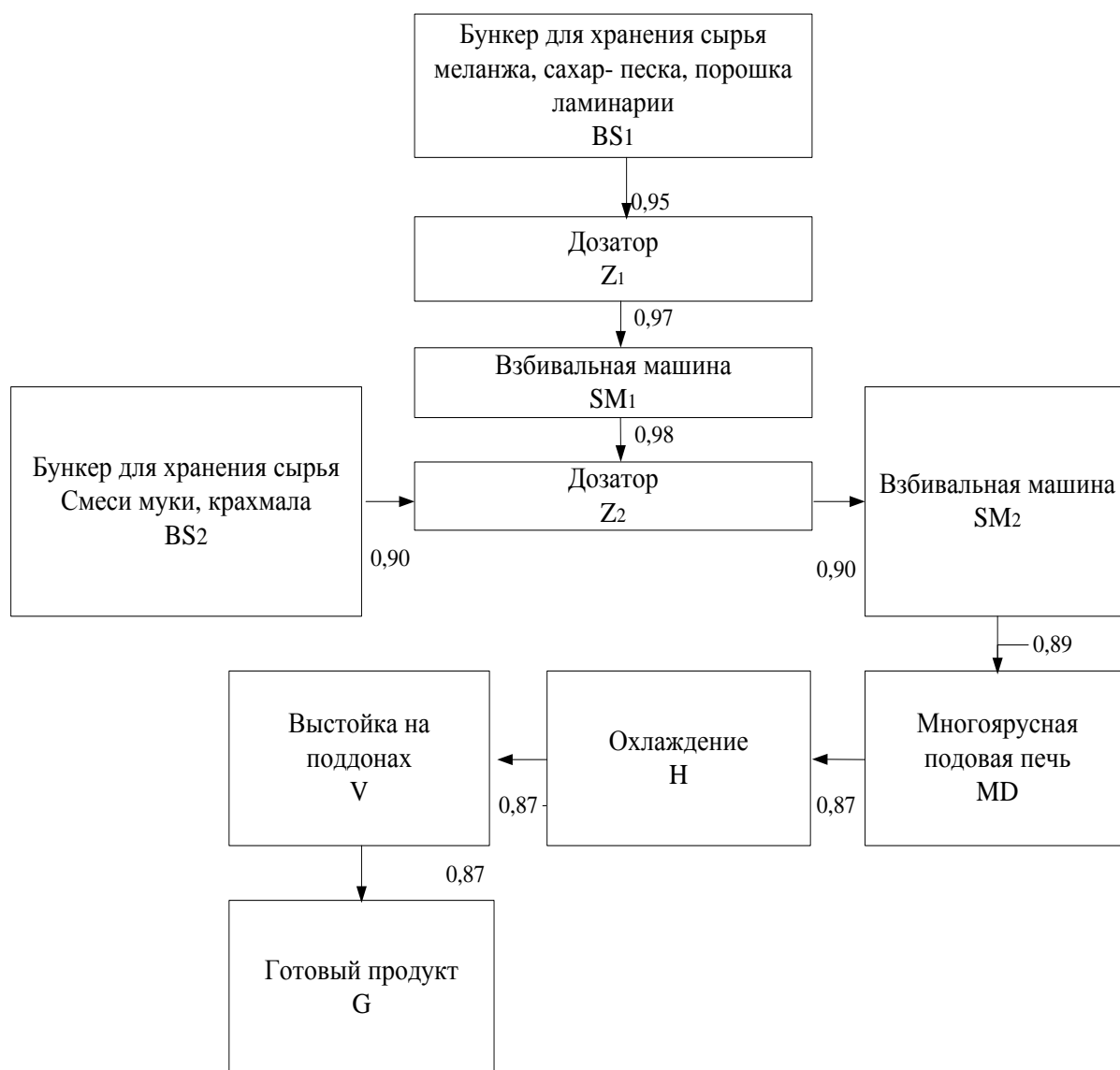
В результате проведенных исследований по внесению в бисквитный полуфабрикат порошка ламинарии можно сделать вывод, что оптимальным является внесение в бисквит 5 % добавки порошка из ламинарии. У бисквита с такой добавкой поверхность ровная, без надрывов, мякиш мягкий, нежный, равномерная поверхность. Следует отметить, что с внесением добавки такого процента не появился запах и вкус ламинарии. Была проведена дегустационная оценка разработанных образцов бисквитного полуфабриката с частичной заменой муки на порошок морской капусты на 3, 5, 7 % от массы муки. По результатам дегустационной оценки бисквитного полуфабриката образец с добавлением 5 % порошка ламинарии является оптимальным по качеству. С увеличением концентрации порошка ухудшаются такие органолептические показатели изделий, как вкус, аромат, внешний вид, цвет и структура.

Исходя из совокупности результатов проведенных исследований, были выбраны оптимальные дозировки порошка из ламинарии для разрабатываемых изделий. Для сахарного печенья оптимальная дозировка порошка составляет 2 % и для бисквитного полуфабриката оптимальной дозировкой 5 %. При данных дозировках изделия обладают наилучшими свойствами.

При расчете химического состава сахарного печенья и бисквитного полуфабриката был сделан вывод, что с внесением порошка снизилось количество углеводов, белков. Увеличились показатели таких элементов, как Na, K, Ca, Mg, Fe. С внесением порошка морской капусты в мучную группу кондитерских изделий, обогатились такими элементами, как Se, Zn, F, β -каротином, также присутствуют следы йода.

При расчете пищевой ценности сахарного печенья с 2 % добавлением порошка ламинарии установлено, что при употреблении 100 г печенья суточная потребность для взрослого человека составляет в белках 8,80 %, жирах – 12,28, углеводах – 18,99 %. При расчете пищевой ценности бисквитного полуфабриката с 5 % добавлением порошка установлено, что при употреблении 100 г бисквита суточная потребность для взрослого человека составляет в белках 12,61 %, жирах – 7,14, углеводах – 20,87 %.

Для моделирования потоков сырья в технологической системе на примере получения бисквитного полуфабриката с добавлением порошка из ламинарии была разработана математическая модель исходя из заданных объемов сырья, режимных и технологических параметров. Информационно-логическая модель технологической системы представлена на рисунке.



Принципиальная схема технологической системы

Интенсивность потоков сырья обозначена через $\lambda = \lambda_{XU} \quad X \xrightarrow{\lambda} Y$.

По закону А.Н. Колмогорова изменение состояния каждого звена, с одной стороны, равно производной функции, с другой стороны, разности входных и выходных потоков. Общая модель функционирования технологической системы представляется системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dZ_1}{dt} = \lambda_{BZ_1} \cdot B(t) - \lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t), \quad (1)$$

$$\frac{dSM_1}{dt} = \lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t) - \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t), \quad (2)$$

$$\frac{dZ_2}{dt} = \lambda_{BSZ_2} \cdot BS(t) + \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t) - \lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t), \quad (3)$$

$$\frac{dSM_2}{dt} = \lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t) - \lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t), \quad (4)$$

$$\frac{dMP}{dt} = \lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t) - \lambda_{MPH} \cdot MP(t), \quad (5)$$

$$\frac{dH}{dt} = \lambda_{MPH} \cdot MP(t) - \lambda_{HV} \cdot H(t), \quad (6)$$

$$\frac{dV}{dt} = \lambda_{HV} \cdot H(t) - \lambda_{VG} \cdot V(t), \quad (7)$$

$$\frac{dG}{dt} = \lambda_{VG} \cdot V(t). \quad (8)$$

Учитывая, что масса сырья находящегося в технологических звеньях в настоящий момент времени $t=0$ от начала функционирования равно нулю, поставлены начальные условия:

$$Z_1(0) = 0; SM_1(0) = 0; Z_2(0) = 0; SM_2(0) = 0; MP(0) = 0; H(0) = 0; V(0) = 0; G(0) = 0. \quad (9)$$

Для учета производительности звеньев и планируемых потерь сырья задаем интенсивности потоков сырья между звеньями, т.е. интенсивности технологических процессов в системе:

$$\begin{aligned} \lambda_{BZ_1} &= 0,95, \quad \lambda_{Z_1SM_1} = 0,97, \quad \lambda_{SM_1Z_2} = 0,98, \quad \lambda_{BSZ_2} = 0,90, \quad \lambda_{Z_2SM_2} = 0,90, \\ \lambda_{SM_2MP} &= 0,90, \quad \lambda_{MPH} = 0,89, \quad \lambda_{MPH} = 0,89, \quad \lambda_{HV} = 0,87, \quad \lambda_{VG} = 0,87. \end{aligned} \quad (10)$$

Заданием входные потоки при случайных возмущениях в системе ε_B и ε_{BS} учтены:

$$B(t) = 1,2796 + \varepsilon_B(t), \quad (11)$$

$$BS(t) = 0,9800 + \varepsilon_{BS}(t). \quad (12)$$

Таким образом, задача Коши для (1)–(8) и (9) поставлена корректно [5]. Коэффициенты являются аналитическими функциями. Следовательно, в наблюдаемой области $t \in (0; 24)$ ч. существует аналитическое решение, которое было найдено в среде Maple, т.е. масса сырья спрогнозирована в звене в момент времени t . Например:

дозатор-1

$$Z1(t) = \frac{60781}{48500} - \frac{60781}{3940900} \cos(\sqrt{3} t) \sqrt{3} + \frac{5895757}{394090000} \sin(\sqrt{3} t) + e^{\left(-\frac{97t}{100}\right)} \left(-\frac{60781}{48500} + \frac{60781 \sqrt{3}}{3940900} \right) ;$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{8683}{7000} - \frac{229934523}{31215080720} \cos(\sqrt{3} t) \sqrt{3} - \frac{60413821979}{7803770180000} \sin(\sqrt{3} t) + 97 e^{\left(-\frac{97t}{100}\right)} \left(-\frac{60781}{48500} + \frac{60781 \sqrt{3}}{3940900} \right) + e^{\left(-\frac{49t}{50}\right)} \left(\frac{842251}{7000} - \frac{5895757 \sqrt{3}}{3960400} \right) .$$

Рассмотрим приближенное решение задачи (1)–(9), важное для практической оценки результатов по временному параметру t , полученное разложением решения в окрестности точки $t=0$ с точностью $O(t^6)$ в ряд Тейлора. Например:

дозатор-1

$$Z1(t) = \frac{60781}{50000} t + \left(\frac{60781 \sqrt{3}}{2000000} - \frac{5895757}{10000000} \right) t^2 + \left(-\frac{5895757 \sqrt{3}}{600000000} + \frac{571888429}{3000000000} \right) t^3 + \left(-\frac{1251541571 \sqrt{3}}{240000000000} - \frac{55473177613}{1200000000000} \right) t^4 + \left(\frac{121399532387 \sqrt{3}}{12000000000000} + \frac{5380898228461}{60000000000000} \right) t^5 + O(t^6) ;$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{5895757}{10000000} t^2 + \left(-\frac{76644841}{200000000} + \frac{5895757 \sqrt{3}}{600000000} \right) t^3 + \left(-\frac{76644841 \sqrt{3}}{16000000000} + \frac{168141093883}{1200000000000} \right) t^4 + \left(-\frac{8731616117 \sqrt{3}}{12000000000000} - \frac{1457248361933}{40000000000000} \right) t^5 + O(t^6) , 0$$

Методом Рунге-Кутты численного решения задачи Коши использован для вычислительного эксперимента с моделью на временном промежутке $t \in [0; 10]$ ч с шагом 2 ч. Например, при $t=2$ получаем оценку:

$$Z1(t) = 1.09755792278963792 ; SM1(t) = 0.743520435131913127 ; G(t) = 0.0138659198889257048 .$$

Например, при $t=4$ получаем оценку:

$$Z1(t) = 1.21553600737581569 ; SM1(t) = 1.10488653350408472 ; G(t) = 0.338004342450588580 .$$

В момент времени $t=6$ получаем оценку:

$$\begin{aligned} Z1(t) &= 1.25241275371282136 \quad ; \quad SM1(t) = 1.23005032013201299 \quad ; \\ G(t) &= 1.59787170584128278 \end{aligned}$$

При достижении $t=8$ получаем:

$$\begin{aligned} Z1(t) &= 1.25966614448272042 \quad ; \quad SM1(t) = 1.22507086651151464 \quad ; \\ G(t) &= 4.00643527064463711 \end{aligned}$$

Для момента времени $t=10$ спрогнозированы значения:

$$\begin{aligned} Z1(t) &= 1.23707865670857054 \quad ; \quad SM1(t) = 1.24686931682856850 \quad ; \\ G(t) &= 7.31144311033594452 \end{aligned}$$

Взбивальная машина используется для замеса бисквитного теста. Без этой операции получение готового продукта невозможно. Поэтому звено SM_1 является лимитирующим звеном.

Переходные процессы завершаются соответственно через 6 и 10 ч. Часто взбивальная машина дополняет кондитерское и хлебопекарное оборудование, например тестомес, находит основное применение в кондитерской и хлебопекарной промышленности, служит при замешивании теста для разных видов кондитерского теста и простого, начинок для кондитерских изделий, глазурей, джемов, приготовления эмульсии при производстве печенья. Взбивальная машина с успехом используется во многих областях пищевой промышленности. Эти машины находят применение в кондитерской промышленности, где служат для замешивания теста.

Для определения нормального режима функционирования технологической линии, решаем систему линейных алгебраических уравнений, соответствующих дифференциальным уравнениям (1)-7):

$$\lambda_{BZ_1} \cdot B(t) - \lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t) = 0, \quad (13)$$

$$\lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t) - \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t) = 0, \quad (14)$$

$$\lambda_{BSZ_2} \cdot BS(t) + \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t) - \lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t) = 0, \quad (15)$$

$$\lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t) - \lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t) = 0, \quad (16)$$

$$\lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t) - \lambda_{MPH} \cdot MP(t) = 0, \quad (17)$$

$$\lambda_{MPH} \cdot MP(t) - \lambda_{HV} \cdot H(t) = 0, \quad (18)$$

$$\lambda_{HV} \cdot H(t) - \lambda_{VG} \cdot V(t) = 0, \quad (19)$$

И далее из уравнений (13)–(19) методом Жордана в общем виде получаем финальные состояния звеньев:

$$\begin{aligned} &\text{дозатор-1} \\ Z1(t) &= \frac{\lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{Z1SM1}} ; \end{aligned}$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{\lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{SM1Z2}} ;$$

дозатор-2

$$Z2(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{Z2SM2}} ;$$

взбивальная машина-2

$$SM2(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZI} B(t)}{\lambda_{SM2MP}} ;$$

многоярусная подовая печь

$$MP(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZI} B(t)}{\lambda_{MPH}} ;$$

охлаждение

$$H(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZI} B(t)}{\lambda_{HV}} ;$$

выстойка

$$V(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZI} B(t)}{\lambda_{VG}} .$$

При подстановке конкретных значений интенсивности получаем численную оценку финальных состояний.

Заключение. Изделия с добавлением порошка из бурой водоросли ламинарии имеют пониженную энергетическую и повышенную биологическую ценность, на основании чего можно сделать вывод, что новые виды изделий относятся к кондитерским продуктам функционального назначения. Рентабельность разработанного ассортимента составляет 23 %. Поэтому выпуск данной продукции с использованием полуфабрикатов из нетрадиционного сырья возможен для расширения ассортимента, увеличения выработки изделий и применения их в питании человека.

Разработанная информационно-логическая модель технологической системы может быть использована для расчета выхода готовой продукции бисквитного полуфабриката с добавлением порошка ламинарии исходя из заданных объемов сырья и режимных параметров.

Литература

1. *Корячкина С.Я., Матвеева Т.В.* Технология мучных кондитерских изделий: учебник. – СПб.: Троицкий мост, 2011. – 400 с.
2. *Типсина Н.Н., Цугленок Н.В.* Технология получения пектиносодержащих продуктов из мелкоплодных сибирских яблок. – Красноярск, 2007. – 191 с.
3. *Типсина Н.Н., Цугленок Н.В., Матюшев В.В.* Разработка новых видов кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с использованием полуфабрикатов из сибирских сортов облепихи. – Красноярск, 2014. – 114 с.
4. *Типсина Н.Н.* Новые виды хлебобулочных и кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья. – Красноярск, 2009. – 168 с.
5. *Матросов А.В.* Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528 с.

