

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Л.А. Надточий, О.Ю. Орлова

ИННОВАЦИИ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Часть 2. Пищевая комбинаторика

Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2015

УДК 637.144

Надточий Л.А., Орлова О.Ю. Инновации в биотехнологии. Ч. 2. Пищевая комбинаторика: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 37 с.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению расчетно-практических работ № 1–8.

Предназначено для магистрантов направления 19.04.01 Биотехнология, обучающихся по дисциплине «Инновации в биотехнологии», всех форм обучения.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. А.Л. Ишевский

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Надточий Л.А., Орлова О.Ю., 2015

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все большую популярность приобретают пищевые продукты сложного сырьевого состава на основе комбинирования сырья животного и растительного происхождения. Существующие методы расчета рецептур пищевых продуктов по треугольнику и прямоугольнику Пирсона не позволяют разрабатывать новые виды многокомпонентных продуктов с прогнозируемым белковым, углеводным, липидным, минеральным и витаминным составом.

Большую роль в совершенствовании технологии продуктов сложного сырьевого состава и методов экономического анализа играет применение современных подходов с использованием компьютерных технологий.

Универсальным методом, который может быть применен при решении любой задачи линейного программирования, в частности при решении рецептурной задачи в молочной промышленности, является симплекс-метод. Симплексный метод относится к числу наиболее распространенных вычислительных методов, реализующих идею последовательного улучшения решения. В основе этого метода лежит алгоритм симплексных преобразований системы, дополненной правилом, обеспечивающим переход не к любому, а к оптимальному решению.

При решении системы линейных уравнений с целью разработки многокомпонентного продукта имеет место множество вариантов рецептур. Однако задача специалиста в этой области состоит в том, чтобы из множества вариантов выбрать рецептуру с заданными параметрами (например, с минимальной себестоимостью, высокими качественными показателями, максимальным использованием сырьевых ресурсов).

Для оптимизации рецептуры многокомпонентного продукта следует:

- составить банк данных, который включает в себя вид, химический состав, оптовые цены ингредиентов, стандартный состав готового продукта;
- составить балансовые уравнения по химическому составу разрабатываемого продукта;

- установить технологические ограничения на использование отдельных видов ингредиентов;
- определить функцию цели при проведении оптимизации рецептуры;
- решить поставленную задачу в компьютерной математической системе;
- проанализировать с технологической точки зрения варианты рецептур.

Решение системы линейных уравнений и неравенств при большом числе переменных вручную представляет значительные трудности, при этом не исключены ошибки расчета.

Особую важность приобретает решение технологических задач на базе компьютерной техники с целью осуществления полной переработки ингредиентов, изготовления продукта высокого качества с минимальной себестоимостью.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Расчетно-практическая работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ОБЩЕЙ АДЕКВАТНОСТИ СУТОЧНОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА МЕДИКО–БИОЛОГИЧЕСКИМ НОРМАМ

В соответствии с данными экспертов ФАО/ВОЗ в зависимости от национально-региональных факторов здоровье нации на 58–72 % определяется количественным содержанием и качественным составом нутриентов потребляемых продуктов питания.

Структура питания населения России во многом обусловлена уровнем дохода и величиной прожиточного минимума: более 40 % граждан страны (пенсионеры, инвалиды, студенты и пр.) не имеют материальной возможности получать рациональное питание.

Дисбаланс в структуре питания приводит к появлению у населения симптомов белково-калорийной, витаминной, минеральной недостаточности, росту случаев ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний и т. п.

В данной работе необходимо оценить уровень общей адекватности суточного рациона питания человека медико-биологическим нормам на примере рациона питания среднестатистического студента.

Порядок выполнения работы

1. Каждому студенту выдается задание разработать суточный рацион питания для определенной категории населения (индивидуальное задание № 1).

2. Внести данные разработанного рациона питания в табл. 2, используя справочник «Химический состав пищевых продуктов» И.М. Скурихина [1].

3. Произвести расчет суммарного содержания нутриентов по циклам питания и суточному рациону в целом.

4. Рассчитать энергетическую ценность по циклам питания и суточному рациону в целом арифметически, используя коэффициенты энергетической ценности нутриентов (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты энергетической ценности нутриентов

Нутриенты	ккал/г	кДж/г
Белки	4,00	16,7
Жиры	9,00	37,7
Углеводы	4,00	15,7

5. Провести обсуждение полученных данных и сделать выводы с учетом норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ (прил. 2) [1].

Употребление пищи человеком должно быть не реже трех раз в сутки. При трехразовом приеме пищи распределение энергетической ценности рациона должно соответствовать следующим соотношениям:

- завтрак – 20–35 %;
- обед – 40–50 %;
- ужин – 25–30 %.

Продукты, содержащие белки животного происхождения, рекомендуется употреблять в первой половине дня.

2. Расчетно-практическая работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МОЛОКА

Для выражения биологической ценности белковых продуктов используются методы, основанные на сравнении результатов определения аминокислотного состава белков исследуемого продукта с «идеальным» белком, например метод аминокислотного (химического) сора.

В 1973 г. объединенный экспертный комитет продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) для вычисления аминокислотного сора предложил аминокислотный состав «идеального» белка: один грамм «идеального» белка по шкале ФАО/ВОЗ содержит (мг): изолейцина – 40, лейцина – 70, лизина – 55, метионина + цистина – 35, фенилаланина – 28, треонина – 40, триптофана – 10, валина – 50. В 2007 г. количественный и качественный состав белка ФАО ВОЗ был пересмотрен.

Для расчета аминокислотного (химического) сора сопоставляют содержание каждой незаменимой аминокислоты в исследуемом продукте с ее содержанием в «идеальном» белке:

$$\text{Химический сора} = Ax/A \cdot 100 \%,$$

где Ax – массовая доля незаменимой аминокислоты в исследуемом продукте, г/100 г белка; A – массовая доля незаменимой аминокислоты в «идеальном» белке, г/100 г белка.

Аминокислота, сора которой меньше 100 %, называется лимитирующей.

При наличии нескольких лимитирующих аминокислот выделяют аминокислоту с наименьшим сора, которая получила название «первая лимитирующая аминокислота».

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь справочником И.М. Скурихина «Химический состав пищевых продуктов», представить данные по аминокислотному составу молока коровьего в г/100 г белка. Определить биологическую

ценность белков молока коровьего методом аминокислотного (химического) сора, результаты расчета отобразить в табл. 3 [1].

Таблица 3

Биологическая ценность белковой составляющей молока

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля, г/100 г белка		Аминокислотный скор, %
	«идеального»	исследуемого	
Валин			
Изолейцин			
Лейцин			
Лизин			
Метионин + цистин			
Треонин			
Триптофан			
Фенилаланин			

2. Используя данные табл. 4, определить содержание незаменимых аминокислот молока коровьего, представив его в виде смеси белков: казеина и сывороточных белков в определенном соотношении, которое предложено ниже. Рассчитать биологическую ценность белков коровьего молока методом аминокислотного сора и сравнить с результатами предыдущего расчета, представленными в табл. 3.

Таблица 4

Аминокислотный состав белков коровьего молока

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля аминокислот в белках молока, %					
	Казеин	Лакто-глобулин	Лактальбумин	Иммуноглобулин	Альбумин сыворотки крови	Смесь белков молока коровьего
Валин	7,20	5,80	4,70	9,60	12,30	
Изолейцин	6,10	6,80	6,80	3,10	2,60	
Лейцин	9,20	15,10	11,50	9,14	12,30	
Лизин	8,20	11,70	11,50	7,20	6,30	
Метионин + цистин	2,30	3,20	1,00	1,41	0,80	
Треонин	4,90	5,20	5,50	10,10	5,80	
Триптофан	1,70	1,30	7,00	2,70	0,70	
Фенилаланин	5,00	3,50	4,50	3,80	6,60	

При расчетах задания 2 важно помнить, что основным компонентом коровьего молока является казеин (около 80 %), на долю сывороточных белков приходится от 14 до 24 % общего количества белка, в том числе β -лактоглобулина и иммуноглобулинов 7–12 %, α -лактальбумина 2–5 %, альбумина сыворотки крови (сывороточного альбумина) 0,7–1,3 %. Для совершения расчетов воспользуйтесь средними значениями основных белковых компонентов молока, %, например: казеина – 80, β -лактоглобулина – 8, иммуноглобулина – 8, α -лактальбумина – 3, альбумина сыворотки крови – 1.

3. Расчетно-практическая работа

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

Промышленное производство продуктов питания для детей раннего возраста не ставит конечной целью замену молока матери искусственно созданными смесями. Состав этих смесей стараются приблизить к составу женского молока. Для производства заменителей женского молока используется, как правило, коровье молоко, поскольку оно является основным видом сырья для молочной промышленности. Различия в составе женского и коровьего молока определяют основные направления коррекции состава исходного сырья – коровьего молока.

В первую очередь это касается коррекции белкового состава. Приближение состава белков молочных смесей к составу женского молока достигается прежде всего уменьшением общего содержания белка в коровьем молоке до значений, соответствующих потребностям детей раннего возраста. Обычно в заменителях женского молока содержание белка снижается до 1,5–2,0 г в 100 мл и приводится в соответствие с женским молоком. Отношение казеина к сывороточным белкам приближают к соотношению 40:60.

В некоторых видах заменителей вообще не проводят коррекцию белкового состава по этому показателю, и отношение казеина к белкам сыворотки сохраняется на уровне коровьего молока, т. е. 80:20. В ряде зарубежных заменителей женского молока это отношение варьируется в весьма широких пределах (от 30:70 до 60:40).

Порядок выполнения работы

1. Используя справочные данные, предложите комбинацию сырья для производства заменителей женского молока с целью достижения оптимального содержания белка в смеси.

2. Однако не менее важно приблизить состав белков заменителей к составу белков женского молока по их биологической ценности. Используя данные зрелого женского молока (в качестве эталона) и руководствуясь оптимальным соотношением казеина и сывороточных белков в заменителях женского молока, сделайте расчет химического сора предложенной рецептуры, оформив результаты работы по форме табл. 5.

Таблица 5

Биологическая ценность белковой составляющей исследуемой рецептуры детского питания

Аминокислота	Массовая доля, г/100 г белка		Аминокислотный скар, %
	Зрелое женское молоко	Исследуемый состав	
Валин	5,20		
Лейцин	9,80		
Изолейцин	4,60		
Метионин + цистин	4,00*		
Треонин	4,60		
Лизин	7,50		
Фенилаланин + тирозин	8,60*		
Триптофан	1,50		

* Пары суммируются, так как потребность в одной аминокислоте может быть покрыта за счет наличия другой.

3. Предложите другие способы достижения высокой биологической ценности заменителей женского молока.

4. Расчетно-практическая работа

ВЛИЯНИЕ БЕЛОКСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Расчет проводят последовательно, изначально выбрав определенную рецептуру комбинированного продукта. В качестве основного вида сырья может использоваться молоко коровье. С целью его обогащения выбирают белковый компонент, содержащий незаменимые аминокислоты, лимит которых отмечается в молоке (справочные данные). При замене части традиционного вида сырья другими белоксодержащими ингредиентами в производстве поликомпонентных продуктов имеется возможность снизить дефицит традиционного сырья, особенно в период сезонных поставок, и расширить ассортимент вырабатываемой продукции.

Следует учесть, что в 2007 г. объединенный экспертный комитет продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) пересмотрели аминокислотный состав «идеального» белка (данные представлены в табл. 6).

Порядок выполнения работы

1. Зная рецептурный состав (по заданию преподавателя), процентное содержание (массовую долю) белоксодержащего ингредиента и количество белка в нем, рассчитывают массовую долю белка в полной композиции по формуле

$$S_6 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i S_i}{\sum_{i=1}^n x_i},$$

где S_6 – массовая доля белка в комбинированной смеси, %; X_i – массовая доля i -го компонента в рецептуре; S_i – массовая доля белка в конкретном i -м компоненте рецептуры, %.

2. Определив общее содержание белка в смеси, оценивают его качественный состав. Для этого осуществляют расчет количественного содержания каждой из незаменимых аминокислот (НАК) в комбинированной смеси

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i s_i m_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_i s_i},$$

где M_j – содержание конкретной незаменимой аминокислоты в суммарном белковом компоненте рецептуры, %; s_i – массовая доля белка в данном компоненте, %; x_i – массовая доля i -го компонента в составе рецептуры, %; m_{ij} – массовая доля конкретной НАК в данном компоненте, %.

3. Результаты выполненного расчета заносят в табл. 6 и делают выводы по работе.

Таблица 6

Биологическая ценность белковой составляющей исследуемой рецептуры

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля, г/100 г белка		Аминокислотный скор, %
	«идеального»	исследуемого	
Гистидин	1,5		
Изолейцин	3,0		
Лейцин	5,9		
Лизин	4,5		
Метионин + цистеин	2,2		
Фенилаланин + тирозин	3,8		
Треонин	2,3		
Валин	3,9		

5. Расчетно-практическая работа

РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВОГО КОМПОНЕНТА ПРОДУКТА

Для оценки важнейшей составляющей пищевой адекватности белковых компонентов сырья (готовых продуктов) – их биологической ценности – используются основополагающие показатели и критерии, предложенные академиками РАСХН И.А. Роговым и Н.Н. Липатовым, такие как: коэффициенты различий аминокислотного сора (КРАС), рациональности аминокислотного состава (R_p), сопоставимой избыточности (G) и биологической ценности (БЦ).

В частности, коэффициент КРАС (в %) показывает среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты (избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды):

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n},$$

где $\Delta \text{РАС}$ – различие аминокислотного сора аминокислоты; n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min},$$

где C_i – скор i -й незаменимой аминокислоты, %; C_{\min} – минимальный из скоров незаменимых аминокислот, %.

Биологическую ценность (БЦ) пищевого белка определяют по формуле

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \%$$

Коэффициент рациональности j -й незаменимой аминокислоты a_j , характеризующий возможность утилизации аминокислот организмом, предопределяется минимальным скором одной из них и рассчитывается по формуле

$$a_j = C_{\min} / C_j.$$

Коэффициент рациональности аминокислотного состава R_p численно характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону).

В случае, когда $C_{\min} \leq 1$ (в долях единиц), коэффициент рациональности аминокислотного состава рассчитывается на основании формулы

$$R_p = \frac{\sum_{j=1}^k a_j A_j}{\sum_{j=1}^k A_j}.$$

Показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот G характеризует суммарную массу незаменимых аминокислот (НАК), не используемых (из-за несбалансированности аминокислотного состава) на анаболические нужды, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое по содержанию потенциально утилизируемых НАК эквивалентно их количеству в 100 г эталонного белка. Определение G осуществляют по формуле

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k A_j - C_{\min} A_{\ominus j}}{C_{\min}},$$

где A_j – массовая доля j -й незаменимой аминокислоты в сырье, г/100 г белка; $A_{\ominus j}$ – массовая доля j -й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

Порядок выполнения работы

1. Используя ранее полученные данные (результаты расчетно-практической работы № 2 или № 4), произвести расчет показателей, характеризующих качественный состав белкового компонента продукта.

2. Результаты работы оформить в виде табл. 7. Сделать выводы о биологической ценности белковой составляющей комбинированного продукта с учетом полученных расчетных показателей.

Таблица 7

**Показатели биологической ценности
белковой составляющей продукта**

Продукт	Массовая доля белка, %	Количество лимитирующих НАК	Расчетные показатели			
			КРАС	БЦ	R_p	G

6. Расчетно-практическая работа

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА
ЛИПИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПРОДУКТА**

При разработке состава жировой композиции комбинированного продукта большое внимание уделяется следующим факторам:

- соотношению между группами жирных кислот (насыщенные: мононенасыщенные:полиненасыщенные);
- соотношению двух главных семейств полиненасыщенных жирных кислот, а именно омега-3 и омега-6.

На основании норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ можно сформулировать комплекс исходных требований к полноценному составу жира, обеспечивающему необходимый набор жирных кислот в оптимальных соотношениях для различных групп населения (табл. 8) [1].

Требования к биологически полноценному жиру положены в основу математической модели, учитывающей зависимость содержания НЖК, МНЖК и ПНЖК от состава жировой смеси.

Содержание жирных кислот какого-либо типа в смеси можно рассчитать по формуле

$$C_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{kj} C_{mij}}{\sum_{i=1}^n C_{kj}},$$

где C_{mj} – содержание кислот какого-либо типа в смеси, % (например, насыщенных); C_{ki} – содержание компонента в смеси, % (например, пальмового масла); C_{mji} – содержание кислот данного типа в компоненте C_{ki} , % (например, насыщенных в пальмовом масле).

Таблица 8

Исходные требования к биологически полноценному жиру

Показатель	Категория населения	
	Дети до 1 года	Выбранная категория населения
Содержание жирных кислот, %:		
насыщенных (НЖК), не более	41,78	
мононенасыщенных (МНЖК), не более	43,03	
полиненасыщенных (ПНЖК), не более:	12,42	
линоленовая кислота (омега-3)	0,62	
линолевая кислота (омега-6)	10,85	
Соотношение омега-3 : омега-6	?	

Жирнокислотная сбалансированность потенциальных жирно-содержащих ингредиентов рецептур специализированных продуктов может быть оценена с помощью коэффициента жирнокислотного соответствия, дол. ед.:

$$R_L = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_L},$$

где $d_{L_i} = \frac{L_i}{L_{эi}}$, если $L_i \leq L_{эi}$;

$$d_{L_i} = \left(\frac{L_i}{L_{эi}} \right)^{-1}, \text{ если } L_i \geq L_{эi},$$

здесь L_i – массовая доля i -й жирной кислоты в сырье, г/100 г жира; $L_{эi}$ – массовая доля i -й жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г жира; $i = 1$ соответствует \sum НЖК, $i = 2$ – \sum МНЖК, $i = 3$ – \sum ПНЖК, $i = 4$ – линоленовой, $i = 5$ – линолевой.

Порядок выполнения работы

1. Заполните недостающие данные табл. 8, проанализируйте их.
2. По заданию преподавателя разработайте рецептуру поликомпонентного продукта с учетом его жирнокислотного состава, используя представленные выше формулы.
3. Оцените качественный состав липидной составляющей разработанного продукта с помощью коэффициента жирнокислотного соответствия, результаты занесите в табл. 9.

Таблица 9

Биологическая ценность липидной составляющей продукта

Продукт	Массовая доля жира, %	Жирные кислоты, г/100 г липидов					Коэффициент жирнокислотной сбалансированности R_L , дол. ед.	
		НЖК	МНЖК	ПНЖК	$\omega-3$	$\omega-6$		

4. Сделайте выводы о перспективных видах сырья для производства поликомпонентных продуктов питания и предложите способы увеличения их жирнокислотной сбалансированности.

7. Расчетно-практическая работа

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО АЛГЕБРАИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Алгебраический метод расчета основан на решении системы уравнений с тремя или четырьмя неизвестными. Содержание входящих в смесь отдельных молочных продуктов обозначают буквами X , Y , Z и т. д. Их суммарную массу A определяют по разности масс смеси и других немолочных компонентов (сахара, стабилизатора, воды и др.).

Первое уравнение – уравнение баланса по массе – примет вид

$$X + Y + Z = A.$$

Второе уравнение – уравнение баланса жира в смеси.

Третье уравнение – уравнение баланса СОМО в смеси.

Пример 1. Рассчитать рецептуру 1000 кг молочного мороженого (м.д. молочного жира 3,5 %; м.д. сахарозы 15,5 %; м.д. СОМО 10 %; м.д. желирующего картофельного крахмала 1,5 %) из следующего вида сырья:

- молока натурального (м.д. жира 3,2 %; м.д. СОМО 8,1 %);
- сливок (м.д. жира 40 %; м.д. СОМО 4,8 %);
- молока сухого обезжиренного (м.д. СОМО 93 %);
- сахара-песка (м.д. сухих веществ 80 %);
- желирующего картофельного крахмала (м.д. сухих веществ 80 %);
- ванилина.

Известные величины, в частности, сахар-песок массой 155 кг, желирующий картофельный крахмал – 15 кг и ванилин – 0,1 кг сразу же заносят в табл. 10.

Таблица 10

Сводная таблица расчета рецептуры молочного мороженого

Ингредиенты	Масса, кг	Массовая доля, %			
		жира	СОМО	сахара	сухих веществ
Молоко натуральное цельное					
Сливки					
Молоко сухое обезжиренное					
Сахар-песок					
Крахмал картофельный					
Ванилин					
Итого: кг					
%					

В первую очередь находят суммарную массу молочных компонентов:

$$1000 - (155 + 15 + 0,1) = 829,9 \text{ кг.}$$

Вводят следующие обозначения:

X – масса цельного молока;

Y – масса сливок;

Z – масса сухого обезжиренного молока.

Первое уравнение будет иметь следующий вид:

$$X + Y + Z = 829,9.$$

Второе уравнение будет иметь вид:

$$0,032X + 0,40Y = 35.$$

Третье уравнение будет следующим:

$$0,081X + 0,048Y + 0,93Z = 100.$$

Из второго уравнения выражают неизвестное X :

$$X = (35 - 0,40Y) / 0,032.$$

Подставляют полученное значение X в первое и третье уравнения, после приведения подобных членов получают следующие уравнения соответственно:

$$\begin{aligned} 0,368Y - 0,032Z &= 8,443; \\ -3,086Y + 2,976Z &= 36,50. \end{aligned}$$

Для исключения Y умножают верхнее уравнение на 3,086, а нижнее – на 0,368, тогда предыдущие уравнения примут вид:

$$\begin{aligned} 1,136Y - 0,099Z &= 26,06; \\ -1,136Y + 1,095Z &= 13,43. \end{aligned}$$

Суммируя эти уравнения, получают $0,996Z = 39,49$, откуда $Z = 39,65$ кг (масса сухого обезжиренного молока). Подставляя Z в уравнение, находят $Y = 26,41$ кг (масса сливок). Далее находят $X = 763,84$ кг (масса цельного молока).

Порядок выполнения работы

1. Произведите расчет рецептуры мороженого алгебраическим методом.
2. Заполните ячейки табл. 10, проанализируйте баланс по основным макронутриентам.

8. Расчетно-практическая работа

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО В СИСТЕМЕ MATHCAD

MathCAD – универсальная система компьютерной математики, предназначенная для широкого класса математических задач. Название системы происходит от двух слов – MATHeMatica (математика) и CAD (Computer Aided Design – системы автоматического проектирования, или САПР). MathCAD является математическим редактором, позволяющим проводить научные и инженерные расчеты, начиная от элементарных преобразований и заканчивая сложными системными преобразованиями.

Порядок и последовательность ввода данных при оптимизации рецептуры сливочного мороженого в математической системе MathCAD рассмотрим на следующем примере.

Пример 2. Составить рецептуру 100 кг смеси сливочного мороженого, отвечающей условиям: жира в смеси должно быть 10 %, СОМО – 10 %, сахара – 16 %, сухого цельного молока (СЦМ) – не более 3 %, сухого обезжиренного молока (СОМ) – не более 4 %. При этом добавляют 0,2 % стабилизатора агар-агар и 0,015 % – ванилина. Исходные данные для составления рецептуры приведены в табл. 11.

Таблица 11

Химический состав ингредиентов, предлагаемых для составления смеси сливочного мороженого

Ингредиенты	X_i	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
		жира	СОМО	сахара	воды	
Молоко натуральное цельное	X_1	3,2	9,0	–	87,8	13,75
Молоко сухое цельное	X_3	26,0	68,0	–	6,0	98,00
Молоко сухое обезжиренное	X_4	–	93,0	–	7,0	85,40
Масло сливочное	X_2	83,0	1,0	–	16,0	120,00
Сахар	X_6	–	–	100,0	–	26,20
Вода питьевая	X_5	–	–	–	100,0	0,10
Агар-агар						150,00
Ванилин						500,00
Стандарт мороженого		10,0	10,0	16,0	63,78	

На основании данных таблицы составляют систему балансовых уравнений по жиру, СОМО, сахару, воде и массовой доле смеси мороженого:

$$\begin{aligned} 0,032X_1 + 0,83X_2 + 0,26X_3 &= 10; \\ 0,09X_1 + 0,01X_2 + 0,68X_3 + 0,93X_4 &= 10; \\ X_6 &= 16; \\ 0,878X_1 + 0,16X_2 + 0,06X_3 + 0,07X_4 + X_5 &= 63,78. \end{aligned}$$

Без стабилизатора и ванилина массовая доля смеси (кг) составит:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 99,875.$$

Условия ограничения имеют вид:

$$\text{по СЦМ} - X_3 \leq 3, \text{ по СОМ} - X_4 \leq 4.$$

Функция цели (F) этой задачи – получение минимальной себестоимости смеси сливочного мороженого можно записать в виде

$$F = \dots X_1 + \dots X_2 + \dots X_3 + \dots X_4 + \dots X_5 + \dots X_6 \rightarrow \min$$

Результаты расчета рецептуры сливочного мороженого представить в табл. 12.

Таблица 12

Сводная таблица рецептуры мороженого

Ингредиенты	X_i	Масса, кг	Оптовая цена, руб./кг
Молоко натуральное цельное	X_1		
Молоко сухое цельное	X_3		
Молоко сухое обезжиренное	X_4		
Масло сливочное	X_2		
Сахар	X_6		
Вода питьевая	X_5		

9. Расчетно-практическая работа

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО В СИСТЕМЕ EXCEL

Большими возможностями в рецептурных расчетах многокомпонентных пищевых систем имеет табличный редактор Microsoft Excel. Наиболее популярным инструментом для решения задач оптимизации является стандартная надстройка «Поиск решения» процессора электронных таблиц Microsoft Excel, входящего в Microsoft Office. Данная надстройка позволяет эффективно решать рецептурные задачи, а представление результатов в виде таблиц обеспечивает удобную для учета и отчетности информацию. Более того, надстройки «Поиск решения» приложения Excel по своим функциональным возможностям не уступают аналогам специальных математических программ, например MathCAD. При прочих равных условиях общепризнанным преимуществом Excel является простота интерфейса.

Пример 3. Составить рецептуру 100 кг смеси мороженого, отвечающей условиям: м.д. жира в смеси должна быть не менее 12 %, м.д. СОМО – 10 %; сахара – 16 % из расчета 0,5 % стабилизатора и 0,01 % ванилина (табл. 13).

Таблица 13

Исходные данные для составления рецептуры смеси мороженого пломбир

Ингредиенты	X_i	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
		жира	СОМО	сахара	воды	
Молоко натуральное цельное	X_1	4,0	8,15	0	87,85	13,75
Масло крестьянское	X_2	72,5	2,5	0	25,0	120,00
Молоко сгущенное цельное с сахаром	X_3	8,5	21,5	43,5	26,5	44,50
Молоко сухое обезжиренное	X_4	0	95,0	0	5,0	85,40
Сахар свекловичный	X_5	0	0	100,0	0	26,20
Сыворотка молочная	X_6	0,37	6,5	0	93,13	5,00
Вода питьевая	X_7	0	0	0	100,0	0,10
Пахта сухая	X_8	5,0	90,0	0	5,0	80,00
Палсгаард (0,5 %)						
Ванилин (0,01 %)						
Стандарт мороженого пломбир		12,0	10,0	16,0	61,49	

Содержание воды в смеси мороженого составит

$$100 - (12 + 10 + 16 + 0,5 + 0,01) = 61,49 \%$$

Для решения данной задачи с помощью Microsoft Excel на рабочем листе табличного редактора следует сформировать следующую таблицу (рис. 1).

Ингредиенты	X	Масса, кг	жира	СОМО	сахара	воды	Цена, руб/кг
молоко натуральное	X1		4	8,15	0	87,85	13,75
масло крестьянское	X2		72,5	2,5	0	25	120
молоко сгущен. цельное с сахар.	X3		8,5	21,5	43,5	26,5	44,5
молоко сухое обезжиренное	X4		0	95	0	5	85,4
сахар свекловичный	X5		0	0	100	0	26,2
сыворожка молочная	X6		0,37	6,5	0	93,13	5
вода питьевая	X7		0	0	0	100	0,1
пахта сухая	X8		5	90	0	5	80
палсгаард		0,5					
ванилин		0,01					
итого, кг		0,51					
мороженое пломбир-стандарт			12	10	16	61,49	
функция цели, руб							0
ввод балансовых уравнений		0,51	0	0	0	0	

Рис. 1. Исходные данные для оптимизации рецептуры мороженого в Excel

В ячейке C15 вычислить суммарную массу всех компонентов смеси мороженого по следующей формуле: = СУММ (C4:C13).

В строке 19 осуществить ввод балансовых уравнений, в ячейках с D19 по G19 вычислить массовые доли жира, СОМО, сахара и воды в 100 кг мороженого.

Например, формула в ячейке D19 будет следующая:

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(\$C\$4:\$C\$11;D4:D11)/100$$

По аналогии заполнить ячейки E19, F19, G19.

В ячейке H18 вычислить себестоимость 100 кг смеси мороженого как сумму произведений массы отдельного вида сырья на его цену. Тогда формула в ячейке будет иметь вид

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(C4:C11;H4:H11)$$

В строке 17 указать нормативные показатели мороженого, а именно содержание жира, СОМО, сахара, воды.

После ввода исходной таблицы с записью формул запустить функцию Поиск решений (Меню→Сервис→Поиск решений) (рис. 2).

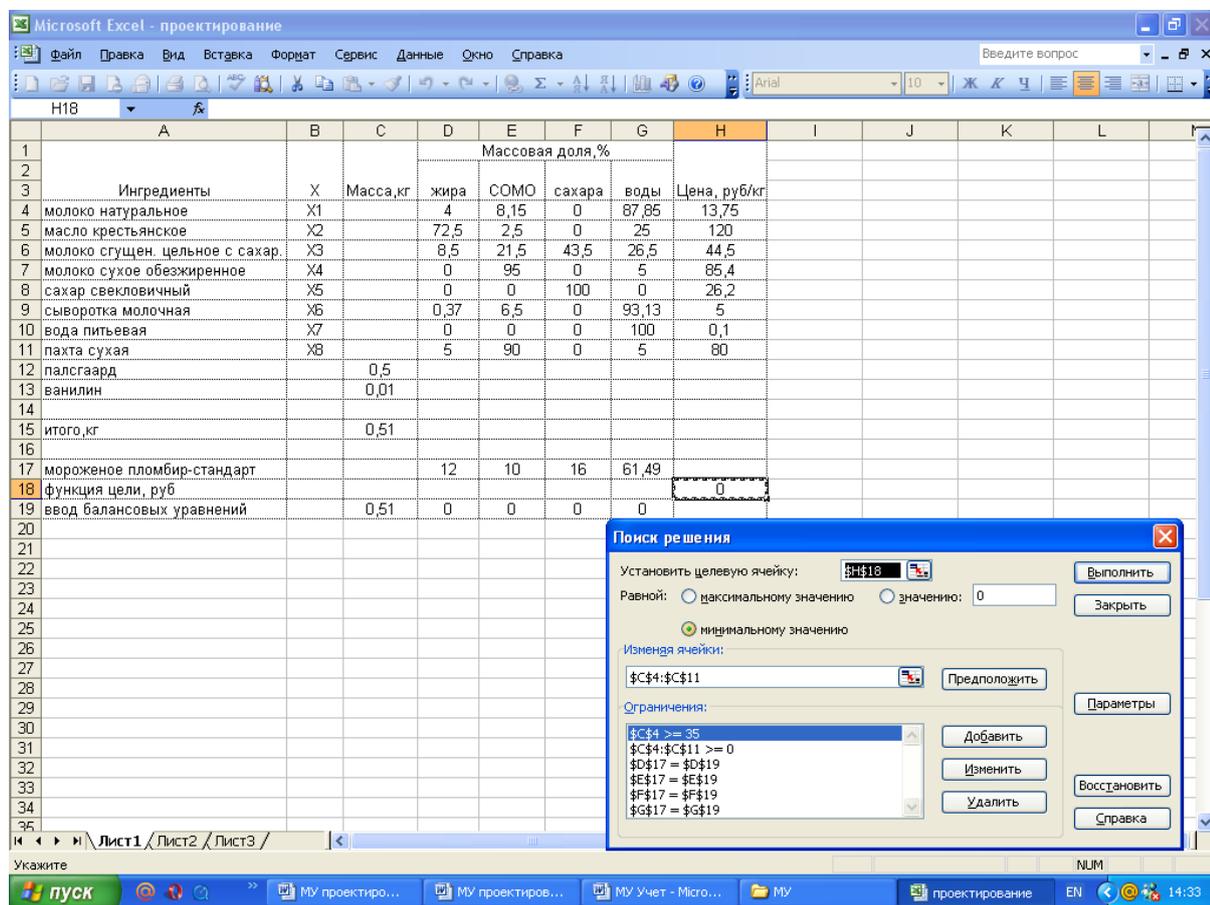


Рис. 2. Скрин-шот окна поиска решений

На экране появится диалоговое окно «Поиск решений», в котором необходимо выбрать ячейку целевой функции (ячейка Н18) – себестоимость 99,59 кг мороженого без стоимости стабилизатора и ванилина и установить ее равной минимальному значению. Стабилизатор палсгаард и ванилин в расчете себестоимости мороженого не учитываются, так как данные ингредиенты являются постоянными параметрами при производстве продукта. Далее выбрать изменяющиеся ячейки – это ячейки, содержащие массы отдельных видов сырья (С4:С11).

Затем добавить ограничения:

– содержание молока натурального в смеси должно быть больше или равным 35 % (C4>=35);

– содержание отдельных видов ингредиентов должно быть больше или равным нулю (C4:C11 \geq 0);

– массовые доли жира, СОМО, сахара и воды в 100 кг готового продукта должны быть равны стандартным значениям (D17=D19; E17=E19; F17=F19; G17=G19).

После ввода всех параметров активизировать кнопку «Выполнить» в окне «Поиск решений» и получить расчет рецептуры мороженого, оптимизированной по себестоимости (рис. 3).

Ингредиенты	X	Масса, кг	жира	СОМО	сахара	воды	Цена, руб/кг
молоко натуральное	X1	35	4	8,15	0	87,85	13,75
масло крестьянское	X2	14,09645	72,5	2,5	0	25	120
молоко сгущен. цельное с сахар.	X3	0	8,5	21,5	43,5	26,5	44,5
молоко сухое обезжиренное	X4	0	0	95	0	5	85,4
сахар свекловичный	X5	16	0	0	100	0	26,2
сыворотка молочная	X6	28,93307	0,37	6,5	0	93,13	5
вода питьевая	X7	0	0	0	0	100	0,1
пахта сухая	X8	5,460489	5	90	0	5	80
палсгаард		0,5					
ванилин		0,01					
итого, кг		100					
мороженое пломбир-стандарт			12	10	16	61,49	
функция цели, руб							3173,52802
ввод балансовых уравнений		0,51	12	10	16	61,49	

Рис. 3. Результаты оптимизации рецептуры мороженого

Таким образом, использование табличного редактора Microsoft Excel в расчетах и оптимизации рецептов многокомпонентных молочных продуктов привлекательно и перспективно. Проведение промежуточных, повторных и новых рецептурных расчетов занимает считанные секунды (время, необходимое для изменения исходных данных). Все настройки оптимизации сохраняются (при изменении данных) в окне поиска решений и не требуют повторного ввода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432–08.
2. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: Учеб. пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий, О.В. Зюзина, Д.В. Леонов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с. (в электронном виде пособие доступно на сайте: <http://window.edu.ru>).
3. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справ. / Под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
4. Химический состав пищевых продуктов: Справ. /Под ред. И.М. Скурихина. – М.: Агропромиздат, 1987. Т. 1. – 225 с. Т. 2. – 226 с.
5. **Лисин П.А.** Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 102 с.
6. **Эрл М., Эрл Р.** Примеры разработки пищевых продуктов. Анализ кейсов. – М.: Профессия, 2010. – 400 с.
7. **Шендеров Б.А.** Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 319 с.
8. **Тихомирова Н.А.** Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Троицкий мост, 2010. – 448 с.
9. **Юдина С.Б.** Технология геронтологического питания. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 228 с.
10. Технология продуктов детского питания: Учеб. пособие / Н.В. Попова, А.Ю. Просеков, Л.Т. Серпунина, С.Ю. Юрьева. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 472 с.
11. Функциональные напитки и напитки специального назначения /Под общ. ред. П. Пакена. – М.: Профессия, 2010. – 496 с.
12. **Трухачев В.И., Молочников В.В., Орлова Т.А.** Концентраты белков молока: выделение и применение. – Ставрополь: Агрус, 2009. – 152 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Средние величины основного обмена взрослого населения России (ккал/сутки)

Мужчины (основной обмен)					Женщины (основной обмен)				
Масса тела, кг	18–29 лет	30–39 лет	40–59 лет	Старше 60 лет	Масса тела, кг	18–29 лет	30–39 лет	40–59 лет	Старше 60 лет
50	1450	1370	1280	1180	40	1080	1050	1020	960
55	1520	1430	1350	1240	45	1150	1120	1080	1030
60	1590	1500	1410	1300	50	1230	1190	1160	1100
65	1670	1570	1480	1360	55	1300	1260	1220	1160
70	1750	1650	1550	1430	60	1380	1340	1300	1230
75	1830	1720	1620	1500	65	1450	1410	1370	1290
80	1920	1810	1700	1570	70	1530	1490	1440	1360
85	2010	1900	1780	1640	75	1600	1550	1510	1430
90	2110	1990	1870	1720	80	1680	1630	1580	1500

Средние величины основного обмена детского населения

Возраст	Основной обмен (ккал/кг массы тела)	Основной обмен (ккал/сутки)
1 мес.	60	250
До года	55	550
От 1 до 3 лет	52	660
От 3 до 7 лет	48	900
От 7 до 11 лет	25	650
От 11 до 18 лет	24	> 690

Приложение 2

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для мужчин

	Показатели (в сутки)	Группа физической активности (коэффициент физической активности)															Муж- чины старше 60 лет
		I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)			V (2,5)			
		Возрастные группы															
		18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	
Энергия и макронутриенты																	
1	Энергия, ккал	2450	2300	2100	2800	2650	2500	3300	3150	2950	3850	3600	3400	<4200	3950	3750	2300
2	Белок, г	72	68	65	80	77	72	94	89	84	108	102	96	117	111	104	68
	в т.ч. животный, г	36	34	32,5	40	38,5	36	47	44,5	42	54	51	48	58,5	55,5	52	34
	% от ккал	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12
3	Жиры, г	81	77	70	93	88	83	110	105	98	128	120	113	154	144	137	77
	Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	33	33	33	30
	МНЖК, % от ккал	10															
	ПНЖК, % от ккал	6-10															
	Омега-6, % от ккал	5-8															
	Омега-3, % от ккал	1-2															
	Фосфолипиды, г	5-7															
4	Углеводы, г	358	335	303	411	387	366	484	462	432	566	528	499	586	550	524	335
	Сахар, % от ккал	<10															
	Пищевые волокна, г	20															
Витамины																	
	Витамин С, мг	90															
	Витамин В1, мг	1,5															
	Витамин В2, мг	1,8															
	Витамин В6, мг	2,0															
	Ниацин, мг	20															
	Витамин В12, мкг	3,0															

Показатели, (в сутки)	Группа физической активности (коэффициент физической активности)															Муж- чины старше 60 лет
	I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)			V (2,5)			
	Возрастные группы															
	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	
Фолаты, мкг	400															
Пантотеновая кислота, мг	5,0															
Биотин, мкг	50															
Витамин А, мкг рет.экв.	900															
Бета-каротин, мг	5,0															
Витамин Е, мг ток. экв.	15															
Витамин D, мкг	10															15
Витамин К, мкг	120															
	Минеральные вещества															
Кальций, мг	1000															1200
Фосфор, мг	800															
Магний, мг	400															
Калий, мг	2500															
Натрий, мг	1300															
Хлориды, мг	2300															
Железо, мг	10															
Цинк, мг	12															
Йод, мкг	150															
Медь, мг	1,0															
Марганец, мг	2,0															
Селен, мкг	70															
Хром, мкг	50															
Молибден, мкг	70															
Фтор, мг	4,0															

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для женщин

	Показатели (в сутки)	Группа физической активности (коэффициент физической активности)											Женщины старше 60 лет	
		I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)			
		Возрастные группы												
		18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39		40-59
		Энергия и макроэлементы												
1	Энергия, ккал	2000	1900	1800	2200	2150	2100	2600	2550	2500	3050	2950	2850	1975
2	Белок, г	61	59	58	66	65	63	76	74	72	87	84	82	61
	в т.ч. животный, г	30,5	29,5	29	33	32,5	31,5	38	37	36	43,5	42	41	30,5
	% от ккал	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
3	Жиры, г	67	63	60	73	72	70	87	85	83	102	98	95	66
	Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	МНЖК, % от ккал	10												
	ПНЖК, % от ккал	6-10												
	Омега-6, % от ккал	5-8												
	Омега-3, % от ккал	1-2												
	Фосфолипиды, г	5-7												
4	Углеводы, г	289	274	257	318	311	305	378	372	366	462	432	417	284
	Сахар, % от ккал	<10												
	Пищевые волокна, г	20												
		Витамины												
	Витамин С, мг	90												
	Витамин В1, мг	1,5												
	Витамин В2, мг	1,8												
	Витамин В6, мг	2,0												

Показатели (в сутки)	Группа физической активности (коэффициент физической активности)												Жен- щины старше 60 лет			
	I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)				V (2,5)		
	Возрастные группы															
	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59	18-29	30-39	40-59				
Ниацин, мг	20															
Витамин В12, мкг	3,0															
Фолаты, мкг	400															
Пантотеновая кислота, мг	5,0															
Биотин, мкг	50															
Витамин А, мкг рет.экв.	900															
Бета-каротин, мг	5,0															
Витамин Е, мг ток. экв.	15															
Витамин D, мкг	10											15				
Витамин К, мкг	120															
	Минеральные вещества															
Кальций, мг	1000											1200				
Фосфор, мг	800															
Магний, мг	400															
Калий, мг	2500															
Натрий, мг	1300															
Хлориды, мг	2300															
Железо, мг	18															
Цинк, мг	12															
Йод, мкг	150															
Медь, мг	1,0															
Марганец, мг	2,0															
Селен, мкг	55															
Хром, мкг	50															
Молибден, мкг	70															
Фтор, мг	4,0															

Дополнительные потребности в энергии и пищевых веществах для женщин в период беременности и кормления ребенка

	Беременные (2-я половина)	Кормящие (1-6 мес.)	Кормящие (7-12 мес.)
Энергия и макронутриенты			
Энергия, ккал	350	500	450
Белок, г	30	40	30
В т.ч. животный, г	20	26	20
Жиры, г	12	15	15
Углеводы, г	30	40	30
Витамины			
Витамин С, мг	10	30	30
Витамин В1, мг	0,2	0,3	0,3
Витамин В2, мг	0,2	0,3	0,3
Витамин В6, мг	0,3	0,5	0,5
Ниацин, мг	2	3	3
Витамин В12, мкг	0,5	0,5	0,5
Фолат, мкг	200	100	100
Витамин А, мкг рет.экв.	100	400	400
Пантотеновая кислота, мг	1,0	2,0	2,0
Витамин Е, мг ток. экв.	2	4	4
Витамин D, мкг	2,5	2,5	2,5
Минеральные вещества			
Кальций, мг	300	400	400
Фосфор, мг	200	200	200
Магний, мг	50	50	50
Железо, мг	15	0	0
Цинк, мг	3	3	3
Йод, мкг	70	140	140
Медь, мг	0,1	0,4	0,4
Марганец, мг	0,2	0,8	0,8
Селен, мкг	10	10	10

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для детей и подростков РФ

	Показатели (в сутки)	Возрастные группы										
		0-3 мес.	4-6 мес.	7-12 мес.	От 1 года до 2 лет	От 2 до 3 лет	От 3 до 7 лет	От 7 до 11 лет	От 11 до 14 лет		От 14 до 18 лет	
									Мальчики	Девочки	Юноши	Девушки
		Энергия и пищевые вещества										
1	Энергия (ккал)	115*	115*	110*	1200	1400	1800	2100	2500	2300	2900	2500
2	Белок, г	--	--	--	36	42	54	63	75	69	87	75
3	* в т.ч. животный (%)	--	--	--	70		65	60				
4	** г/кг массы тела	2,2	2,6	2,9	--	--	--	--	--	--	--	--
5	% по ккал	--	--	--	12							
6	Жиры, г	6,5*	6*	5,5*	40	47	60	70	83	77	97	83
7	Жир, % по ккал	--	--	--	30							
8	НЖК, % по ккал	--	--	--	<10							
9	НЖК, г	--	--	--	<13.3	<15.5	<20	<23.3	<27.7	<25.6	<32.2	<27.7
10	ПНЖК, % по ккал	--	--	--	5-14						6-10	
11	- ω - 6 % по ккал	--	--	--	4-12						5-8	
12	- ω - 3 % по ккал	--	--	--	1-2							
13	Холестерин, мг				<300							
14	Углеводы, г	13*	13*	13*	174	203	261	305	363	334	421	363
15	Углеводы, % по ккал	--	--	--	58							
16	в т.ч. сахар, % по ккал				< 10							

	Показатели (в сутки)	Возрастные группы										
		0-3 мес.	4-6 мес.	7-12 мес.	От 1 года до 2 лет	От 2 до 3 лет	От 3 до 7 лет	От 7 до 11 лет	От 11 до 14 лет		От 14 до 18 лет	
									Мальчики	Девочки	Юноши	Девушки
		Витамины										
17	Витамин С, мг	30	35	40	45	50	60	70	60	90	70	
18	Витамин В1, мг	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9	1,1	1,3		1,50	1,3	
19	Витамин В2, мг	0,4	0,5	0,6	0,9	1,0	1,2	1,5		1,8	1,5	
20	Витамин В6, мг	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	1,6	2,0	1,6	
21	Ниацин, мг	5,0	6,0	4,0	8,0	11,0	15,0	18,0		20,0	18,00	
22	Витамин В12, мкг	0,3	0,4	0,5	0,7	1,5	2,0	3,0				
23	Фолаты, мкг	50		60	100	200		300-400		400		
24	Пантотеновая кислота, мг	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		3,5		5,0	4,0	
25	Биотин, мкг	--			10	15	20	25		50		
26	Витамин А, мкг рет. экв	400			450	500	700	1000	800	1000	800	
27	Витамин Е, мг ток. экв	3,0		4,0		7,0	10,0	12,0	12,0	15,0	15	
28	Витамин D, мкг	10,0										
29	Витамин К, мкг	--			30	55	60	80	70	120	100	
		Минеральные вещества										
30	Кальций, мг	400	500	600	800	900	1100	1200				
31	Фосфор, мг	300	400	500	700	800	1100	1200				
32	Магний, мг	55	60	70	80	200	250	300	300	400	400	
33	Калий, мг	--	--	--	400	600	900	1500		2500		
34	Натрий, мг	200	280	350	500	700	1000	1100		1300		
35	Хлориды, мг	300	450	550	800	1100	1700	1900		2300		

	Показатели (в сутки)	Возрастные группы									
		0-3 мес.	4-6 мес.	7-12 мес	От 1 года до 2 лет	От 2 до 3 лет	От 3 до 7 лет	От 7 до 11 лет	От 11 до 14 лет		От 14 до 18 лет
								Мальчики	Девочки	Юноши	Девушки
36	Железо, мг	4,0	7,0	10,0			12,0		15,0		18,0
37	Цинк, мг	3,0		4,0	5,0		8,0	10,0	12,0		
38	Йод, мг	0,06			0,07		0,10	0,12	0,13	0,15	
39	Медь, мг	0,5		0,3	0,5		0,6	0,7	0,8		1,0
40	Селен, мг	0,01	0,012		0,015		0,02	0,03	0,04		0,05
41	Хром, мкг	--	--	--	11		15		25		35
42	Фтор, мг	1,0	1,0	1,2	1,4		2,0	3,0	4,00		4,0

* Потребности для детей первого года жизни в энергии, жирах, углеводах даны в расчете на г/кг массы тела;

** потребности для детей первого года жизни, находящихся на искусственном вскармливании.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	4
1. Расчетно-практическая работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ОБЩЕЙ АДЕКВАТНОСТИ СУТОЧНОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА МЕДИКО–БИОЛОГИЧЕСКИМ НОРМАМ	4
2. Расчетно-практическая работа ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МОЛОКА	7
3. Расчетно-практическая работа ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ	9
4. Расчетно-практическая работа ВЛИЯНИЕ БЕЛОКСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	11
5. Расчетно-практическая работа РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВОГО КОМПОНЕНТА ПРОДУКТА.....	13
6. Расчетно-практическая работа ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИПИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПРОДУКТА	15
7. Расчетно-практическая работа ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО АЛГЕБРАИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	17
8. Расчетно-практическая работа ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО В СИСТЕМЕ МАТНСАД	20
9. Расчетно-практическая работа ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ МОРОЖЕНОГО В СИСТЕМЕ EXCEL.....	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	27

Надточий Людмила Анатольевна
Орлова Ольга Юрьевна

ИННОВАЦИИ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Часть 2. Пищевая комбинаторика

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор

Т.Г. Смирнова

Редактор

Т.В. Белянкина

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Подписано в печать 24.11.2015. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 2,33. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,25

Тираж 50 экз. Заказ № С 57

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

