

**Суходуб І.О., Яценко Е.І.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### Аннотация

В данной работе объектом исследования является здание учебного назначения. Главная задача статьи – исследование подходов к оценке эффективности работы системы отопления здания: составление температурных карт и тепловизионное обследование. В работе проанализировано влияние различных факторов на внутреннюю температуру в помещениях здания. По результатам проведенного исследования предложены мероприятия по энергосбережению. Для доказательства целесообразности внедрения предложенных мероприятий проведен расчет экономии энергии и денежных средств.

**Ключевые слова:** система отопления, температурная карта, тепловизионное обследование, теплопотери, энергоэффективность.

**Sukhodub I.O., Yatsenko O.I.**

National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»

## EDUCATIONAL BUILDING ENERGY SURVEY

### Summary

Educational building is the object of study in this paper. The main objective of the article is to study approaches to building heating system efficiency assessment (thermal mapping and thermal imaging). In this paper influence of various factors on internal temperature of a building is analyzed. According to the results of the study, energy saving measures are suggested. To prove the expediency of proposed measures, energy and money savings are calculated.

**Keywords:** heating system, thermal map, thermal imaging, heat losses, energy efficiency.

УДК 617.586.5:612.563:612.014.464

## ВПЛИВ КОРОТКОЧАСНОЇ ШЕМІЇ НА ТЕМПЕРАТУРУ СТУПНЕЙ НІГ ТА КОЛЬОРОВУ ГАМУ ЇХ ЗОБРАЖЕННЯ НА ЕКРАНІ ТЕПЛОВІЗОРА

**Філіппова М.В., Терещенко М.Ф., Волошин О.П., Єкімов І.Д.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

В даній статті розглянуто нову методологію діагностики нижніх кінцівок людини тепловізором, при впливі штучно викликаної ішемії. Вона досягається шляхом накладення манжети на стегнову артерію. Встановлено, що при створенні короткочасної ішемії, максимальні температурні показники різко знижувались і з часом повільно наростали, але збільшення зони синього кольору продовжувалось від кінців пальців до стопи. Усунення ішемії сприяє гіпертермії даної частини тіла і поверненню початкової різнокольоровості зображення на екрані тепловізора. Можна зробити висновок про високу стійкість до гіпоксії.

**Ключові слова:** ішемія, інфрачервона термографія, тепловізор, температура, гіпотермія.

**Постановка проблеми.** Як відомо патологічні процеси змінюють нормальний розподіл температури на поверхні тіла, в багатьох випадках зміни температури випереджають інші клінічні прояви, що дуже важливо для ранньої діагностики та своєчасного лікування. Саме тому інфрачервона термографія (ІЧТ), як метод функціональної діагностики, останнім часом отримує все більше визнання у різних галузях медицини, науки і клінічної практики. Має перевага перед рентгенографією, УЗД, КТ та МРТ, які мають шкідливий вплив на організм та застосовуються тільки для оцінки морфологічних особливостей органів.

Термографія дозволяє уточнювати локалізацію функціональних змін, активність процесу і його поширеність, характер змін – запалення, застійність або злякисність. Однак тепловізори попри всі свої

плюси, до сих пір знаходять обмежене застосування в дослідницьких та практичних цілях, оскільки не вирішена проблема диференціальної діагностики різних процесів, що впливають на температуру поверхні шкіри [1].

Проблема полягає в неоднозначності інтерпретації зареєстрованих термограм, що відображають поточну шкірну температуру, залежну одночасно від цілого ряду факторів [2, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Активним вивченням інфрачервоної термографії як методом дослідження температурних показників при впливі різних факторів, займаються російські вчені А.Л. Ураков, Н.А. Уракова та А.А. Касаткін. На їхньому рахунку велика кількість наукових праць. Серед них «Інфрачервона термографія пальців та долонь при шоці як спосіб оцінки стійкості

пацієнтів до гіпоксії і «відклику» їх до оживлення», а також «Вплив короткочасної гіпоксії та ішемії на температуру долонь рук і кольорову гаму їх зображення на екрані тепловізора».

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Праці згаданих раніше авторів розроблялись як спосіб оцінки сталості пацієнтів на різні чинники, а не як методологія для вдосконалення програмних чи технічних характеристик тепловізора. В той же час вони допомогли нам зробити певні висновки і використати їх в своєму напрямку.

**Мета статті.** В нормі кінцівки пацієнтів зображуються на екрані тепловізора різнокольоровими, а саме забарвлені в червоно-оранжево-жовто-зелені-блакитні кольори [4, 5], причому запалена і тепла ділянка зображуються в відтінках червоного, а ішемію та холодна – відтінками синього [6, 7]. Легко доступні для досліджу та швидко замерзаючою частиною тіла є стопи ніг, але динаміка зміни температури та зміни кольорової гами їх зображення на екрані тепловізора при накладанні манжети від тонометра залишається не достатньо вивченою [8].

В той же час, ішемія зменшує інтенсивність аеробного метаболізму, що може зменшити утворення тепла, інтенсивність інфрачервоного випромінювання і наявність червоного кольору в зображенні ураженої ділянки на екрані тепловізора [9].

В зв'язку з цим метою є вивчення динаміки зміни температури оголених тильних частин стопи та їх зображення на екрані тепловізора при добровільному перетисканні стегнової артерії у дорослих добровольців [10].

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження температурних показників при штучно створеній іше-

мії проводилось при температурі приміщення від +18°C до +22°C. Для дослідження була обрана група здорових добровольців різної статі, віком від 22 до 23 років.

Термометрія тильних частин стопи з одночасною реєстрацією кольорової гами їх зображення на екрані в інфрачервоному спектрі проведені за допомогою тепловізора марки Land Guide M3 (Англія).

Дослідження проводилось в 3 етапи. На першому, на протязі 1 хвилини, з інтервалом 10 сек., вимірювалась температура в точці максимуму тильної частини стопи в стані спокою. Другим етапом було накладення манжети тонометра на стегнову артерію ноги. Манжета накачувалась до тиску в 120 мм. рт. ст., що був достатнім для проведення досліджу. Після накладання манжети (створення штучної ішемії), за допомогою тепловізора знімали температурні показники в точці їх максимальних значень, на протязі 3 хвилин, з інтервалом в 10 сек. А на третьому манжета спускалась і знімалась з зони стегнової артерії ніг, та на протязі 1 хвилини, з інтервалом в 10 сек. відстежували швидкість відновлення температурних показників в точці її максимальних значень, тильної частини стопи ніг. Отриманні дані занесли до таблиці 1.

За даними занесеними до таблиці були побудовані графіки залежності температури від часу, до, під час та після короткочасної штучної ішемії.

З отриманих даних за першим експериментом видно, одразу після оголення стопи температура тильної сторони становила +40,2°C, через 10 сек. температура знизилась, але не значно, а через пів хвилини від початку досліджу різко впала до 35,5°C. На протязі наступних 30 сек. вона трималась в

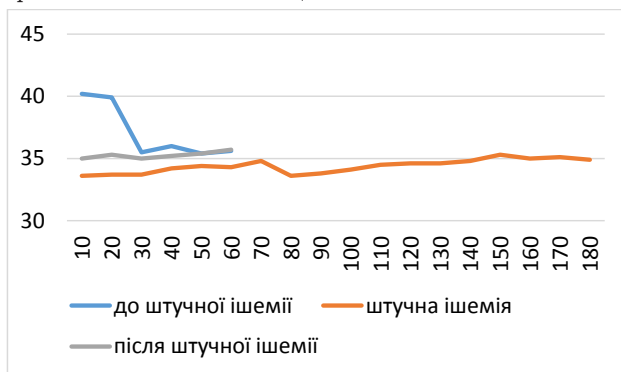
Таблиця 1

Значення температур до, під час та після штучної ішемії

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180				
Експеримент 1	До штучної ішемії	40,2	39,9	35,5	36	35,4	35,6															
	Штучна ішемія	33,6	33,7	33,7	34,2	34,4	34,3	34,8	33,6	33,8	34,1	34,5	34,6	34,6	34,8	35,3	35	35,1	34,9			
	Після штучної ішемії	35	35,3	35	35,2	35,4	35,7															
Експеримент 2	До штучної ішемії	33	31,8	31,7	31,8	31,8	31,6															
	Штучна ішемія	30,8	30,6	30,5	31	30,9	31	31,1	30,7	31,1	31	31	30,9	31,2	31,2	31,1	31,3	31,1	31,3			
	Після штучної ішемії	31,5	31,3	31,4	31,6	31,5	31,7															
Експеримент 3	До штучної ішемії	34,8	34,5	34,2	33	33,2	33,2															
	Штучна ішемія	33	33,1	33,2	33,3	32,9	33	33,1	33,2	33,1	33,3	33,1	33,2	33,2	33,5	32,8	33	33	33,1			
	Після штучної ішемії	33,5	33,6	33,8	33,7	33,2	33,7															
Експеримент 4	До штучної ішемії	34,4	34,6	34,8	35	32,3	32															
	Штучна ішемія	32,4	32,2	32,3	32,2	32,5	32,4	32,2	31,9	31,8	31,5	31,8	31,5	31,6	31,6	31,7	31,9	32	32			
	Після штучної ішемії	31,8	31,9	32	32,4	32,7	33															

Джерело: розроблено авторами

межах від 35,4°C до 36°C. Створена штучно, короткочасна ішемія одразу визвала падіння температури на 2°C і початкова температура при штучній ішемії становить 33,6°C. На протязі 70 сек. вона поступово зростала та досягла значення в 34,8°C, а вже через 10 секунд знизилась до значення 33,6°C. Наступні 70 сек. знову показали підвищення показників температури, а потім спад, але вже не такий значний. Після зняття манжети температура на протязі хвилини поступово зростала і досягла значення 35,7°C, що на 0,1°C вище ніж до штучно викликаної короткочасної ішемії. Тобто аналізуючи графік (Рис. 1), можна зробити висновок, що реакція організму по першому експерименту на штучно викликану ішемію являється позитивною, його організм бореться, а отже відсутні проблеми з кровообігом нижніх кінцівок.



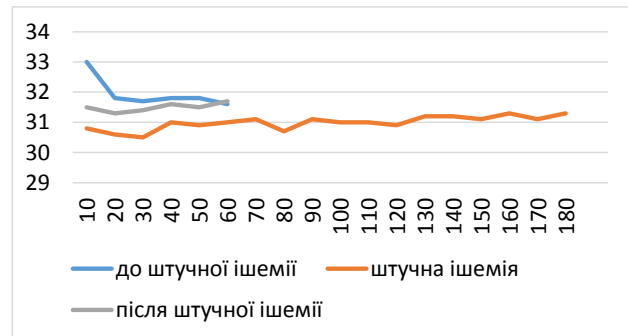
**Рис. 1.** Залежність температурних показників від часу по 1-му експерименту

Джерело: розроблено авторами

По температурним показникам другого експерименту видно, що температура тильної сторони стопи ніг нижча ніж по першому експерименту і становить 31,8°C. Також спостерігається різкий спад відразу після оголення, але потім тримається стабільно. Створена штучно, короткочасна ішемія одразу визвала падіння температури на 0,9°C і початкова температура при штучній ішемії становить 30,8°C. В даному випадку на протязі 30 сек. вона поступово спадала та досягла значення в 30,5°C, а через 10 секунд підвищилась до 31°C. Наступні 140 сек. показники зростали з незначними спадами, але після трьох хвилин штучної ішемії досягла значення 31,3°C. Після зняття манжети показники температури становили 31,5°C, на протязі хвилини поступово зростала і досягла значення 31,7°C, що як і по першому експерименту, на 0,1°C вище ніж до штучно викликаної короткочасної ішемії. Аналізуючи графік (Рис. 2), робимо висновок, що реакція організму другому експерименту на штучно викликану ішемію являється позитивною, організм як і першого бориться, а отже за другим експериментом відсутні проблеми з кровообігом нижніх кінцівок.

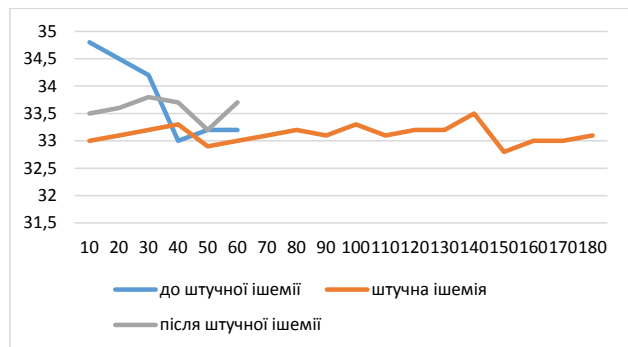
В випадку по третьому експерименту температура тильної сторони стопи становила +34,8°C, 30 сек. температура падала до значення 34,2°C і на протязі наступних 10 сек. спала до 33°C. Останні 20 сек. першого етапу трималась на рівні 32,2°C. Створена штучно, короткочасна ішемія визвала падіння температури на 0,2°C і початкова температура при штучній ішемії становить 33°C. Як і в попередніх випадках температура плавно зростала, моментами стрімко спадаючи, але потім знов виростала до ще більших значень. Після зняття манжети температура на протязі пів хвилини поступово зростала, але плавно спала і на 0,2°C була нижчою

ніж до штучно викликаної короткочасної ішемії. Роблячи аналіз графіка по третьому експерименту (Рис. 3), можна зробити висновок, що реакція організму на штучно викликану ішемію являється позитивною, але після її усунення відновлюється з затримкою, не так як у попередніх експериментах.



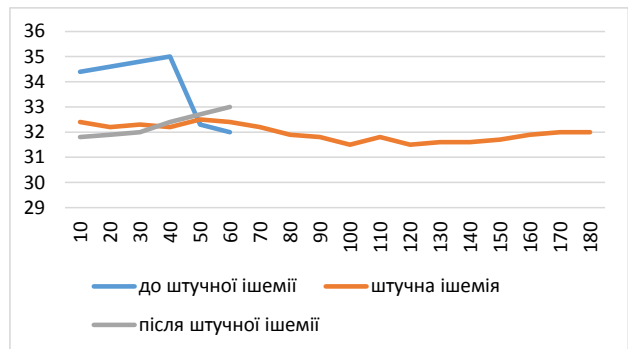
**Рис. 2.** Залежність температурних показників від часу по 2-му експерименту

Джерело: розроблено авторами



**Рис. 3.** Залежність температурних показників від часу по 3-му експерименту

Джерело: розроблено авторами



**Рис. 4.** Залежність температурних показників 4-го піддослідного від часу

Джерело: розроблено авторами

Результати по четвертому експерименту показали що, температура на першому етапі підвищувалась на протязі 40 сек., але не значно, а згодом знизилась і в кінці часу першого етапу становила 32°C, що на 2,4°C менше початкової. Накачана манжета цього разу не визвала спад температурних показників, навпаки піднялась на 0,4° від температури, що була по закінченню першого етапу. На протязі хвилини показники температури то зменшувались то зростали в межах  $\pm 0,4^\circ\text{C}$ , після чого протягом 40 сек. знизилась на 1°C, за цим слідував стрибок показників знову в діапазоні  $\pm 0,4^\circ\text{C}$ , а потім зростання до 32°C, що на 0,4°C менше ніж

на початку штучної ішемії. Після зняття манжети температура на протязі хвилини поступово зростала і досягла 33°C, що на 1°C вище ніж до штучно викликаній короткочасній ішемії. Тобто аналізуючи графік (Рис. 4), бачимо, що реакція організму по четвертому експерименту на штучно викликану ішемію являється частково задовільною.

При накладанні манжети, на відміну від попередніх експериментів, в даного температурні показники, спадають. Зате після зняття манжети, відновлюються набагато швидше і на більше значення.

**Висновки і пропозиції.** Залежність температури від часу (Рис. 1-4) показала, що після ство-

рення штучної ішемії температура відновлюється рівномірно. Але вона залежить від температури навколишнього середовища, мінімальних чи максимальних значень показань котрі знімаємо, так як різниця між максимальними більш помітна з часом ніж з мінімальними, тому в отриманих даних є невелика похибка, яку можна усунути запропонувавши новий комплекс візуалізації теплових полів і вимірювання температури пацієнтів, що дає можливість для більш точного проведення діагностики (Патент України № 97443. Комплекс візуалізації теплових полів і вимірювання температури пацієнтів // М.Ф. Терещенко, М.В. Філіппова, О.І. Паткевич, О.П. Волошин, О.О. Бабенко).

### Список літератури:

1. Колесов С. Н. Остеохондроз хребта: неврологічні і тепловізійні синдроми. – Н. Новгород, 2006.
2. Jackson D. M., Hambly C., Trayhurn P., Speakman J. R. Can non-shivering thermogenesis in brown adipose tissue following NA injection be quantified by changes in overlying surface temperatures using infrared thermography? // J Therm Biol. 2001; v. 26 (2): p. 85-93.
3. Agarwal K., Lange L. C., Beck H. Thermal Imaging in Healthy Humans – What is «Normal» Skin Temperature? Inframation, 2007.
4. Кашковський М. Л., Ураков А. Л., Уракова Н. А. Регістрація потінстиляційної гіпертермії в органі зору за допомогою тепловізора як спосіб виявлення ятрогенного кон'юнктивіту. Вісник РУДН. Серія Медицина 2009. – № 4. – С. 482-485.
5. Княжев В., Іцкова М. Новий підхід до оцінки термографічної картини артеріальної перфузії при хронічній артеріальній непрохідності нижніх кінцівок. Новини променевої діагностики 2002. – № 1-2. – С. 4-7.
6. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Уракова Т. В., Касаткін А. А., Кашковський М. Л., Дементьев В. Б., Соколова Н. В., Шахов В. І., Решетніков А. П., Сюткіна Ю. С. Використання тепловізора для оцінки постінекційної та постінфузійної локальної токсичності суміші лікарських засобів. Проблеми експертизи в медицині 2009. – № 1. – С. 27-17.
7. Канонова С. А., Маркелова Н. Г., Ураков А. Л., Шкляева С. Е. Про можливість використання інфрачервоної термометрії в судово-медичних дослідках кровопідтікань шкіри. Проблеми експертизи в медицині 2009. – № 2-3. – С. 14-17.
8. Мальчиков А. Я., Ураков А. Л., Касаткін А. А., Михайлова Н. А., Уракова Н. А. Тепловізорна візуалізація лікарських препаратів та інфільтрованих ними тканин при ін'єкції. Вісник Російського університету дружби народів. Серія Медицини 2009. – № 4. – С. 138-141.
9. Ураков А. Л., Уракова Т. В., Касаткін А. А. Моніторинг інфрачервоного випромінювання в області ін'єкції як спосіб оцінки ступені локальної агресії ліків та інекторів. Медичний альманах. – 2009. – № 3. – С. 133-136.
10. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Касаткін А. А., Дементьев В. Б., Волков А. А. Пошкодження периферичних вен верхніх кінцівок пацієнтів з поєднаною травмою при катетаризації різними типами катеторів. Уральський медичний журнал. – 2009. – № 9. – С. 113-115.

**Філіппова М.В., Терещенко Н.Ф., Волошин А.П., Эжимов И.Д.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»

## ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИШЕМИИ НА ТЕМПЕРАТУРУ СТУПНИ НОГ И ЦВЕТОВУЮ ГАММУ ИХ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЭКРАНЕ ТЕПЛОВИЗОРА

### Аннотация

В данной статье рассмотрена новая методология диагностики нижних конечностей человека тепловизором, при воздействии искусственно вызванной ишемии. Она достигается путем наложения манжеты на бедренную артерию. Установлено, что при создании кратковременной ишемии, максимальные температурные показатели резко снижались и со временем медленно нарастали, но увеличение зоны синего цвета продолжалось от концев пальцев до стопы. Устранение ишемии способствует гипертермии данной части тела и возвращению начальной разноцветности изображения на экране тепловизора. Можно сделать вывод о высокой устойчивости к гипоксии.

**Ключевые слова:** ишемия, инфракрасная термография, тепловизор, температура, гипотермия.



Filippova M.V., Tereschenko M.F., Voloshyn O.P., Yekimov I.D.  
National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»

## INFLUENCE OF SHORT-TERM ISCHEMIA ON THE TEMPERATURE OF THE FEET AND THEIR COLORS OF THEIR IMAGE ON THE SCREEN OF THERMOGRAPHIC CAMERA

### Summary

In this article, the new methodology of diagnosis of lower limbs with thermographic camera under the influence of artificially induced ischemia is examined. It is achieved by applying cuff on the femoral artery. It is established that in the process of creation of short-term ischemia, the maximum temperature sharply declined and eventually slowly grew, but increase of the blue zone continued from the ends of the toes to the foot. Removing ischemia contributes to hyperthermia of the body and return to the original screen image. It can be concluded on a high resistance to hypoxia.

**Keywords:** ischemia, infrared thermography, thermographic camera, temperature, hypothermia.

УДК 378.1:331.5.312

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ МІКРОБНОГО ПОЛІСАХАРИДУ КСАМПАМУ З БІЛКАМИ ЯЙЦЯ

Черевична Н.І., Шевченко О.Є., Віннікова В.О.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Розглянуто питання використання мікробного полісахариду ксампану як піноутворювача і стабілізатора кондитерських пінних мас. Наведено механізм утворення стабільної піни за рахунок додавання поверхнево-активних речовин (ПАР). Досліджено механізм взаємодії біополімеру ксампану з білками яєць шляхом визначення їх молекулярно-масових характеристик. Показано природу структурних змін простих білків яйця овальбуміну і овоглобуліну в присутності мікробного полісахариду ксампану за утворення білково-полісахаридних комплексів. Доведено доцільність використання ксампану в технології бісквітного тіста.

**Ключові слова:** біополімер, ксампан, піна, овальбумін, овоглобулін

**Постановка проблеми.** Полісахариди – найпоширеніші на Землі біополімери. Вони різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями. Ці речовини володіють високою молекулярною масою, важко розчинні у воді або утворюють в'язкі колоїдні розчини. Розрізняють фітополісахариди (крохмаль, целюлоза та її похідні, геміцелюлоза, фруктозани, пектинові речовини, рослинні камеді, полісахариди водоростей та інші), зоополісахариди (глікоген, хітин, мукополісахариди сполучних тканин тощо), полісахариди мікроорганізмів (резервні внутрішньоклітинні, клітинні стінки, позаклітинні).

В останні роки бурхливий розвиток біотехнології дозволив створити полісахариди мікробного походження, що володіють унікальними властивостями і використовуються в різних галузях народного господарства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними фірми Kelco Division Merk and Co. Inc. (США), у відповідності з функціональними властивостями, мікробні полісахариди застосовуються в якості: стабілізаторів, суспендуючих агентів, диспергентів, загусників, плівкоутворювачів, водоутримуючих агентів, коагулянтів, колоїдів тощо. Це говорить про те, що бактеріальні полісахариди за своїми властивостями успішно конкурують з рослинними і синтетичними полісахаридами, знаходять широке застосування у харчовій промисловості. Деякі з них використовуються під час виготовлення драгелі-, піно- та желеподібних виробів.

Серед мікробних полісахаридів важливе місце займає екзополісахарид ксантан, продуцентами

якого є бактерії виду *Xanthomonas campestris*. Серед бактерій цього виду до найбільш активних продуцентів віднесені патовари: *phascoli*, *campestris*, *malvaceum*, *caratae*.

В інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України у відділі фітопатогенних бактерій отримано вітчизняний мікробний полісахарид ксампан, продукований бактеріями *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. За хімічним складом, структурою макромолекули, гідродинамічними та функціональними властивостями він схожий з аналогічними зарубіжними біополімерами [1, с. 102-104]. В Україні він випускається під торговою маркою «Біополімер ксампан».

Відомо, наприклад, використання ксампану вітчизняного виробництва в кондитерському виробництві під час виготовлення виробів з дріжджового тіста для поліпшення пористості і пружно-еластичних властивостей м'якушки виробів, уповільнення процесу черствіння, бездріжджового тіста (вареників, пельменів, локшини домашньої) для зміцнення клейковини борошна, вершкових кремів в якості емульгатора для зниження масової частки вершкового масла.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Наявність у структурі ксампану вільних карбоксильних груп – органічних кислот, обумовлює їх властивість зв'язувати іони важких металів у шлунково-кишковому каналі з подальшим утворенням нерозчинних комплексів, які не всмоктуються і виводяться з організму. Це дозволяє рекомендувати вироби з його добавками у дієтичному і лікувальному харчуванні.