

ПИЩЕВЫЕ КОНСЕРВАНТЫ: СПЕКТР ДЕЙСТВИЯ И ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Дембицкая И.А., Егорова З.Е., Голубева С.Н.

*Белорусский Государственный концерн "Белгоспищепром", г. Минск,
Белорусский Государственный технологический университет, г. Минск,
УП "Стандартплодоовощ", г. Минск*

Консервирование с помощью химических веществ – один из наиболее распространённых способов предотвращения порчи продуктов питания в целом, и микробной порчи – в частности. В настоящее время в республике Беларусь в качестве пищевых консервантов разрешено использовать около 40 веществ, из которых чаще всего применяются сорбиновая и бензойная кислоты и их производные.

Исследованиями последних десятилетий доказана высокая фунгицидная активность сорбиновой кислоты и бензоата натрия и определены их минимальные эффективные концентрации (МЭК) в отношении широкого спектра дрожжей и мицелиальных грибов. Однако до сих пор отсутствуют данные о чувствительности к действию бензоата натрия таких распространённых контаминантов плодоовощных продуктов, как *Trichoderma viride*, *Fusarium moniliforme*, *Pichia guilliermondii*, *Rhodotorula minuta* и др. Информация о минимальных дозах консервантов, эффективных в отношении доминирующей бактериальной флоры продуктов переработки овощного сырья – бактерий рода *Bacillus*, ограничивается преимущественно диапазоном кислотности, благоприятным для развития микроорганизмов (рН=5,5-6,3). И лишь единичные сообщения имеются о чувствительности кислотоустойчивых видов и штаммов рода *Bacillus* к действию сорбиновой кислоты и бензоата натрия в условиях, оптимальных для действия консервантов (рН=3,7-4,5). Кроме того, до сих пор нет надёжных сведений о влиянии на микрофлору пищевых продуктов смесей бензоата натрия и сорбиновой кислоты, получивших достаточно широкое практическое применение за рубежом.

Необходимо также отметить, что сообщения различных авторов об эффективности консервантов и их смесей в отношении определённых видов микроорганизмов часто противоречивы и трудно поддаются анализу, так как получены в нестандартных, несопоставимых условиях.

В связи с вышеизложенным цель настоящих исследований заключалась в сравнительной оценке чувствительности доминантов микрофлоры нестерилизованных продуктов переработки растительного сырья к действию консервантов (сорбиновой кислоты, бензоата натрия и их смесей, взятых в различных соотношениях) в зависимости от состава и кислотности среды.

В связи с тем, что длительность фазы задержки роста спорообразующих микроорганизмов в питательном субстрате, а, следовательно, и стабильность пищевых продуктов при хранении, в значительной степени определяются скоростью прорастания спор, дополнительно оценивали влияние консервантов на развитие спор бактерий и грибов.

Объекты и методы

Культуры микроорганизмов, использованные в качестве объектов настоящих исследований, были выделены нами ранее из пищевых продуктов следующего ассортимента: вкусовые приправы (кетчупы и соусы, хрен, горчица, растительные майонезы), плодово-ягодные протёртые продукты и сок берёзовый.

Модельные исследования. Для оценки действия консервантов (сорбиновая кислота, бензоат натрия и их смеси в соотношении 1:2, 1:1 и 2:1) на прорастание спор использовали "чашечный" метод. Для этого питательные среды (агар Хоттингера - для бактерий и сусло-агар - для дрожжей и мицелиальных грибов) с содержанием консервантов 1,0 г/л (рН=4,5; 5,5) глупинно засеивали суспензиями спор микроорганизмов из расчёта 1×10^2 - 3×10^2 КОЕ/чашку. Последные готовили с использованием классических методов бактериологии. Результаты учитывали через 7 суток инкубирования в условиях, оптимальных для роста микробных культур, и выражали в % выросших колоний по отношению к контролю (культуры без консерванта).

МЭК сорбиновой кислоты, бензоата натрия и их смесей определяли модифицированным методом “серийных разведений”, используя жидкие питательные среды указанного выше состава с содержанием консервантов 0,1-10 г/л (рН=3,9; 4,5; 5,5). В качестве посевного материала применяли активированные культуры микроорганизмов. Инокулят вносили из расчёта исходной концентрации вегетативных клеток 1×10^2 - 1×10^3 КОЕ/см³, т.е. в соответствии с реальной обсеменённостью пищевых продуктов - источников выделения исследуемых штаммов. Результаты учитывали на 7, 14 и 21 сутки культивирования при 30⁰С (24⁰С) по помутнению среды на нефелометре ($\lambda=570$ нм) - для бактериальных (дрожжевых) культур и гравиметрическим методом - для мицелиальных грибов. В качестве МЭК принимали концентрацию консерванта, соответствующую его максимальному разведению, полностью подавляющему рост микроорганизмов.

Практические испытания Образцы томатного кетчупа промышленного изготовления с содержанием бензоата натрия 1,0 г/л и рН=3,9 инокулировали суспензиями вегетативных клеток активированных культур микроорганизмов из расчёта 1×10^2 - 1×10^3 КОЕ/см³ и хранили в течение 3-х месяцев при 20±2⁰С. Результаты оценивали путём количественного учёта жизнеспособных микроорганизмов при высеве продукта на плотные питательные среды.

Результаты и обсуждение

Как показали исследования, в условиях одинаковой кислотности питательной среды действие консервантов в отношении вегетативных клеток и спор определялось видовой (штаммовой) принадлежностью культур. Согласно данным, представленным в таблице 1., изученные нами штаммы микроорганизмов различались по чувствительности к действию бензоата натрия (сорбиновой кислоты) в 2-8,5 раз. Причём, для большинства исследованных культур при рН≥4,5 МЭК консервантов превышали их ПДК в пищевых продуктах (1,0 г/кг). Как видно из таблицы 2., при рН=5,5 бензоат натрия и сорбиновая кислота в “подпороговых” концентрациях подавляли развитие спор *Mucor ramannianus* и *V. coagulans* соответственно на 70,1-82,4% и 40,5-43,0%. В этих же условиях бактериостатический эффект в отношении спор *V. macerans* 3 не превышал 16,4%. Максимальная устойчивость к действию бензоата натрия и сорбиновой кислоты в диапазоне рН=4,5-5,5 была характерна для спор и вегетативных клеток *V. megaterium* и *V. licheniformis*.

Таблица 1.

Минимальные ингибирующие концентрации консервантов

Культура (вегетативные клетки)	рН	Консервант					рН	Консервант					рН	Консервант				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Минимальная ингибирующая концентрация, г/л																		
<i>V. brevis</i>	3,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	4,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
<i>V. macerans</i>		1,2	2,5	1,2	1,2	1,2		2,5	1,2	1,2	1,2	1,2		10	5	5	10	5
<i>V. cereus</i>		н/о	н/о	н/о	н/о	н/о		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		2,5	1,2	2,5	2,5	2,5
<i>V. coagulans*</i>		0,3	0,6	0,6	0,6	0,6		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		5	2,5	2,5	2,5	2,5
<i>V. polymyxa</i>		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		2,5	1,2	2,5	1,2	1,2		10	5	10	10	5
<i>V. licheniformis</i>		н/о	н/о	н/о	н/о	н/о		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0		10	10	10	10	10
<i>V. megaterium</i>		1,2	2,5	1,2	0,6	2,5		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0		10	10	10	10	10
<i>Z. fermentati</i>	3,9	0,6	0,3	0,3	0,6	0,3							5,5	2,5	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>Rh. rubra</i>		0,6	0,3	0,6	0,6	0,3								5,0	2,5	2,5	2,5	1,2
<i>P. guilliermondii</i>		2,5	1,2	2,5	2,5	1,2								7,5	2,5	5,0	2,5	2,5
<i>Rh. minutia</i>		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2								5,0	2,5	5,0	2,5	2,5
<i>Tr. viride</i>		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3								1,2	0,6	0,6	1,2	1,2
<i>F. moniliforme</i>		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6								2,5	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>M. ramannianus</i>		0,3	0,15	0,3	0,3	0,3								2,5	0,6	1,2	1,2	0,6
<i>P. expansum</i>		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6								1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Влияние консервантов на прорастание спор

Культура (споры)	рН агаризованной среды									
	4,5					5,5				
	Консервант, 1г/л									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
% ингибирования прорастания спор										
<i>B. brevis</i>	100	92,5	92,5	100	96,0	54,2	52,6	48,4	44,5	50,0
<i>B. macerans</i>	82,2	66,0	75,0	80,5	76,5	13,5	16,4	16,7	15,0	12,2
<i>B. cereus</i>	100	84,0	88,5	100	82,2	31,5	33,3	35,5	36,7	36,2
<i>B. coagulans*</i>	97,2	85,8	88,2	92,4	86,0	43,0	40,5	42,0	43,8	43,0
<i>B. polymyxa</i>	74,0	64,0	66,4	75,5	72,2	0	5,0	0	0	0
<i>B. licheniformis</i>	24,4	18,3	20,8	26,0	22,5	0	0	0	0	0
<i>B. megaterium</i>	20,5	17,2	22,0	26,0	18,5	0	0	0	0	0
<i>Tr. viride</i>	100	98,2	98,5	100	100	68,2	80,0	75,8	78,8	78,4
<i>F. moniliforme</i>	99,2	94,7	97,8	98,5	99,0	44,7	68,0	60,7	65,8	61,0
<i>M. ramannianus</i>	100	98,4	99,4	99,3	100	70,1	82,4	82,0	83,0	81,4
<i>P. expansum</i>	100	97,5	98,6	100	98,8	66,3	80,0	79,4	80,0	79,5

Примечание к таблицам 1. и 2. 1-бензоат натрия, 2-собиновая кислота, 3- сорбиновая кислота + бензоат натрия (1:1), 4- сорбиновая кислота + бензоат натрия (1:2), 5-сорбиновая кислота + бензоат натрия (2:1); * - *B. coagulans* var. *thermoacedurans*

Таблица 3.

Выживаемость микроорганизмов в кетчупе, консервированном бензоатом натрия

Культура	Квота продукта для анализа, см ³	Длительность хранения, сутки															
		0		3		7		15		30		60		90			
		Наличие микроорганизмов в анализируемой квоте продукта															
		к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
<i>B. brevis</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>B. cereus</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>B. macerans</i> и <i>B. polymyxa</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+		
<i>B. coagulans</i> var. <i>thermoacedu-</i> <i>rans</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
	1x10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-		
<i>B. licheniformis</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>B. megaterium</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>P. guilliermondii</i>	1,0	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
	1x10 ⁻³	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
<i>Rh. minutia</i> и <i>Z. fermentati</i>	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻³	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+		
	1x10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Tr. viride	1,0 1x10 ⁻³	+	+	+	+	+	+	+	+	+	x	+	-	+	-
F. moniliforme и P. expansum	1,0 1x10 ⁻³	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

Примечание. Оопытный образец (1,0г/л бензоата натрия), К- контрольный образец (без консерванта); “+” микроорганизмы выявлены в 80-100% инфицированных образцов; “-” микроорганизмы отсутствовали в 80-100% инфицированных образцов; “х” микроорганизмы выявлены в 40-60% инфицированных образцов.

Проведенные исследования выявили прямую зависимость между кислотностью среды и ингибирующим действием консервантов. Как видно из таблицы 2., способность спор бактерий к прорастанию при pH=5,5 существенно не зависела от природы консерванта, а фунгистатическое действие было более выражено у сорбиновой кислоты. При снижении pH среды от 5,5 до 3,9 усиление ингибирующего действия бензоата натрия (2-хкратное по сравнению с сорбиновой кислотой) наблюдалось в отношении 70% бактериальных штаммов и 100% исследованных штаммов грибов и дрожжей (табл.1.).

В условиях повышенной кислотности среды (pH=3,9) консерванты оказывали одинаковое фунгицидное действие (выраженное в МЭК) в отношении вегетативных клеток дрожжей и мицелиальных грибов, однако бензоат натрия проявлял более выраженный ингибирующий эффект в отношении бациллярной флоры, как в споровом, так и в вегетативном состоянии. В частности, при pH=3,9 для 50% изученных нами кислотоустойчивых штаммов рода *Bacillus* МЭК сорбиновой кислоты вдвое превышала МЭК бензоата натрия.

Синергический эффект (2-хкратное снижение МЭК) от совместного использования бензоата натрия и сорбиновой кислоты наблюдался только по отношению к штамму *V.megaterium* 28 в случае сочетания консервантов 2:1 (pH=3,9). Аналогичные результаты были ранее получены Kugler F. (1996) применительно к психрофильному штамму *V.cereus*, выделенному из молочных десертов. Однако, для подавляющего количества исследованных нами штаммов при различной кислотности среды и сочетаниях консервантов эффект от использования смесей не превышал эффективности одного из компонентов.

Сравнительный анализ результатов исследований на питательных средах с pH=3,9 (табл.1.) и в кетчупе с содержанием бензоата натрия 1,0 г/л (табл.3.) свидетельствует о соответствии “модельных” МЭК консерванта (0,3- 0,6 г/л) фактической чувствительности к действию бензоата в кетчупе (<1,0 г/л) для всех изученных штаммов мицелиальных грибов. Высокая выживаемость в кетчупе дрожжей *Rhodotorula minutia* и *Zygosaccharomyces fermentati* и бактерий *B.macerans*, *B.polymyxa* и *V.megaterium* доказывает, что их устойчивость к действию бензоата натрия превышает ПДК консерванта в продукте, а для *Z.fermentati*, кроме того, превосходит МЭК, определённую на модельной среде (0,6 г/л). В то время как фактическая МЭК для *Pichia guilliermondii* и ацидофильного штамма *V.coagulans* var. *thermoacidurans* в кетчупе была ниже “модельной”.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены МЭК бензоата натрия и сорбиновой кислоты в отношении доминантов остаточной микрофлоры продуктов переработки растительного сырья, в том числе впервые – для кислотоустойчивых штаммов рода *Bacillus*.

Показано доминирование фунгицидной активности у сорбиновой кислоты в диапазоне pH=3,9-5,5 и бактерицидной активности у бензоата натрия при pH=3,9 (по отношению к бактериям рода *Bacillus*). Эффективность сочетанного применения бензоата натрия и сорбиновой кислоты в результате проведенных исследований не получила подтверждения.

Установлено, что высокая вариабельность показателя МЭК для исследованных консервантов связана с изменением состава питательной среды. Указанный факт объясняет противоречивость данных литературы и доказывает необходимость соблюдения стандартных условий при проведении подобных исследований.

Полученные результаты представляют несомненный интерес, так как могут служить основой для оценки целесообразности применения консервантов в зависимости от кислотности и состава остаточной микрофлоры пищевых продуктов.

* * *

К ВОПРОСУ ОБ ОБОГАЩЕНИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДОБАВКАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ СЕЛЕН

Нелюбина Е.В., Назаренко Е.А.

Могилевский технологический институт, Республика Беларусь

Коломиец Н.Д., Неокладнова Л.Н.

*Республиканский научно-практический центр по экспертной оценке качества и безопасности
продуктов питания МЗ РБ*

Для нормального существования человеку необходимо полноценное питание. Под таким питанием понимается достаточное содержание в пище всех необходимых для организма веществ: белков, жиров, углеводов, минеральных солей, витаминов и микроэлементов. Однако, в силу разных причин, таких как специфические природные условия, низкая покупательная способность населения, ограниченность в выборе продуктов, далеко не все компоненты, необходимые для нормальной жизнедеятельности человеческого организма, поступают с среднесуточным рационом в требуемом размере. Поэтому в настоящее время весьма актуально обогащение пищевых продуктов жизненно важными дефицитными компонентами.

В Республике Беларусь одним из элементов, которыми обеднена пища, является селен. В почвах и питьевой воде на территории РБ содержится незначительное количество данного микроэлемента, что вызывает нехватку его в пищевых продуктах. Дефицит селена усугубляется повышенным радиоактивным излучением, сложной экологической обстановкой в крупных промышленных центрах, сокращением потребления населением рыбы, мяса, фруктов и овощей, которые являются главными источниками селена.

Между тем, селен вовлекается в анаболические процессы организма, выполняет ряд важных биохимических функций. Он является составной частью ферментов, взаимодействует с витаминами и биологическими мембранами, участвует в окислительно-восстановительных процессах, синтезе специфических функциональных белков, обмене жиров и углеводов. Обладая антиоксидантными свойствами, селен необходим при многих патологических состояниях организма, таких как поражение ионизирующей радиацией, старение, дистрофия органов и тканей. При сложной экологической и радиационной обстановке особое значения приобретают радиопротекторные свойства этого микроэлемента и его способность к детоксикации тяжелых металлов.

При недостаточном поступлении селена в организм человека повышается риск развития сердечно-сосудистых, онкологических и ряда других заболеваний, увеличивается подверженность организма действию радиации и неблагоприятных экологических факторов.

Одним из возможных путей профилактики селен-дефицитного состояния является разработка и включение в рацион пищевых продуктов, обогащенных селеном. Наиболее перспективными в этом отношении являются хлебобулочные изделия. Их преимущества заключаются в том, что это продукты всеобщего и повседневного потребления, и, следо-