

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СЫРОГО ФАРША ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ КОЛБАС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

С.Савченко, Р.М.Салаватулина, С.А.Алиев, Г.П.Горошко, А.А.Белюсов, Т.М.Кузнецова
научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

Фарш вареных колбасных изделий представляет собой сложную дисперсионную систему, состоящую преимущественно из белков, жира и воды. Хансен и др. (1, 2) определяют его как дисперсию типа эмульсии. Дисперсной фазой в этой системе являются тонкоизмельченные частицы жира и мышечной ткани, а непрерывной дисперсионной средой - коллоидный раствор водо- и жирорастворимых белков. Это предопределяет зависимость качества готовой продукции от способности белков фарша образовывать непрерывный структурный каркас, стабилизировать диспергированные частицы жира, а также связывать и удерживать при технологической обработке определенное количество воды.

В тонкоизмельченных мясoproдуктах взаимодействие между жиром и белком играет важную роль в связывании воды. За счет эмульгирования небольшие частицы "свободного" жира, появляющиеся при куттеровании, окружены слоем белкового раствора, который делает систему "жир-вода" более устойчивой. Следовательно, для создания устойчивой фаршевой эмульсии необходимы также количество белка, жира и воды, которые позволят полнее связать водный и жировой компоненты, иначе говоря, создадут предпосылки для максимального проявления функциональных свойств фаршевой эмульсии - ее водосвязывающей и эмульгирующей способностей.

В настоящее время данные о функциональных свойствах молочнoбелковых концентратов довольно противоречивы. Отдельные авторы (3, 4 и др.) выделяют эмульгирующую способность молочных белков, в то время как другие (5, 6, 7) отмечают существенное значение их водосвязывающей способности. Это, возможно, объясняется тем, что изучаемые виды молочнoбелковых концентратов отличались по своим свойствам и физико-химическим характеристикам. Имеющиеся различия в технологии выработки молочнoбелковых концентратов в различных странах. Следует также отметить, что большинство исследований проводилось по методу "замороженно-оттаянной" фаршевой модели. Этот метод интересен для изучения влияния отдельных факторов на свойства фаршевой эмульсии, но не позволяет в достаточной степени учитывать одновременно влияние комплекса различных факторов, имеющих место при промышленном производстве колбасных изделий.

В ходе данных исследований являлось изучение изменений влагосвязывающей способности фаршевой эмульсии при изготовлении эмульгированных колбас в зависимости от уровня использования раскислителя при низкокальциевом копреципитате, а также соотношения в рецептуре фаршевой эмульсии мышечной ткани (смесь постной говядины и свинины нежирной в соотношении 1:1), соединительной ткани и жировой ткани, добавленной воды.

В результате математического планирования эксперимента сформирован ряд рецептур, в которых на различных уровнях варьировали количество гидратированного молочнoбелкового концентрата, количество соединительной ткани, добавленной воды. Уровень замены мышечной ткани рассчитывался по эквивалентной замене мышечного белка белком низкокальциевого растворимого копреципитата.

Данные изменений количества компонентов модельных фаршевых эмульсий представлены в табл. I

Табл. I
Table 1

Гидратированный низ- кальциевый раство- римый копреципитат Hydrated low-calcium soluble co-precipi- tate	Жировая ткань Fatty tissue	Соединительная ткань Connective tis- sue	Добавленная вода Added water
0	0	0	24
10	15	6	31
20	30	12	38
30	45	18	45

Табл. 2
Table 2

Рецептуры модельных фаршевых эмульсий (%)
Formulations of model sausage emulsions, %

Мышечная ткань Muscle tissue	Гидратированный копреципитат Hydrated co-pre- cipitate	Жировая ткань Fatty tissue	Соединительная ткань Connective tissue	Добавленная вода Added water
1	2	3	4	5
75	10	15	0	45
43	30	15	12	38

I	!	2	!	3	!	4	!	5
47		20		15		18		24
79		0		15		6		31
33		10		45		12		24
25		30		45		0		31
29		20		45		6		45
37		0		45		18		38
42		10		30		18		31
34		30		30		6		24
50		20		30		0		38
58		0		30		12		45
84		10		0		6		38
52		30		0		18		45
68		20		0		12		31
100		0		0		0		24

Исходное мясное сырье подвергали предварительному посолу с добавлением 2,5% поваренной соли и 7,5 мг/% нитрита натрия, выдерживали в течение 18-24 часов при $T = 0+4^{\circ}\text{C}$. Исследуемый низкокальциевый растворимый копреципитат (вода - 4-5%, жир - 1-2%, белок - 80-85%, лактоза - 2,5%, зола - 5%, кальций - 0,5-1,0%) добавляли в сухом виде при приготовлении фарша модельных образцов колбас на куттере "Ласка" с добавлением воды для гидратации белка (из расчета 1:4) и требуемого количества воды для приготовления фарша. Продолжительность куттования 5 минут, конечная температура фарша 16-18 $^{\circ}\text{C}$.

В пробах фарша после куттования определяли величину pH, содержание влаги, жира, общего белка, соединительнотканного белка (по оксипролину), солерастворимого белка (путем экстрагирования С,6 И и раствором NaCl), влагосвязывающую способность (по методу Грау и Ханке в модификации Воловицкой и Кельман), эмульгирующую способность (по количеству связанного жира), устойчивость фаршевой эмульсии по методу Руин.

Результаты физико-химических исследований приведены в табл. I. Величина pH модельных фаршевых эмульсий колебалась от 5,60 до 6,04.

Установлено, что изменения влагосвязывающей способности фарша находятся в сложной зависимости от наличия молочного белка и уровня замены им мясного белка, количества жира, общего белка и влаги, а также эмульгирующей способности системы.

При относительно небольшом содержании жира (до 24%) влагосвязывающая способность возрастала почти пропорционально увеличению количества белка в фарше. Но по мере увеличения количества жира наблюдалось уменьшение прироста влагосвязывающей способности на единицу прироста белка и при содержании жира около 35%, водосвязывающая способность достигнув уровня приблизительно 53% оставалась постоянной. Дальнейшее увеличение количества жира приводило к снижению влагосвязывающей способности. Увеличение количества белка не вызвало изменения влагосвязывающей способности модельной системы, несмотря на увеличение количества белка (рис. 1). Отчасти это можно объяснить снижением общего содержания влаги в фарше (рис. 2). При содержании белка в фарше до 11,5% увеличение количества жира способствовало повышению влагосвязывающей способности, при дальнейшем росте содержания белка увеличение содержания жира вело к уменьшению влагосвязывающей способности фарша (табл. 2, опыта № 9, 12). Можно предположить, что уменьшение влагосвязывающей способности фарша происходит за счет увеличения его эмульгирующей способности. Коэффициент парной корреляции показывает, что изменение содержания солерастворимых белков в проводимых исследованиях было связано с содержанием мышечного белка ($r = 0,97$). Это свидетельствует о том, что характер происходящих изменений (в опытах, в которых не использовался низкокальциевый растворимый копреципитат) зависело в первую очередь от содержания солерастворимых белков. Анализ данных показал, что если при содержании жира в фарше около 4% увеличение количества солерастворимых белков в мышечном белке (при отсутствии соединительнотканного белка) ведет к росту влагосвязывающей способности, то уже при 14% жира в фарше изменение уровня солерастворимых белков от 0 до 50% (при 10% общего белка) ведет к значительному уменьшению влагосвязывающей способности - с 64,9 до 39,08 - при одновременном увеличении эмульгирующей способности. Видимо при содержании мясного белка в модельной системе 11,5% достигается такое состояние системы, когда независимо от содержания общей влаги и жира, влагосвязывающая способность остается постоянной, то есть замена жира водой адекватна замене воды жиром.

Соединительнотканый белок также оказывает специфическое влияние на влагосвязывающую способность фаршевой эмульсии. При отсутствии соединительнотканного белка в фарше, увеличение количества мышечного белка при всех исследованных уровнях содержания жира вело к увеличению влагосвязывающей способности. При этом отмечалось уменьшение прироста влагосвязывающей способности по мере увеличения количества жира в фарше. Наличие в фарше соединительнотканного белка уменьшало влагосвязывающую способность системы тем больше, чем выше был уровень жира. Наибольшее снижение влагосвязывающей способности в зависимости от уровня содержания соединительнотканного белка наблюдалось в фаршевых эмульсиях с содержанием жира выше 55% (опыты № 5, 8) и содержанием общего белка выше 14% (опыты № 13, 14, 15). Последнее говорит о имеющейся зависимости влияния соединительнотканного белка на влагосвязывающую способность от количества общего белка в фарше.

Химический состав и функциональные свойства модельных
фаршковых эмульсий (%)

Chemical analysis and functional properties of model sausage emulsions, %

Табл. 3

Table 3

Влага Water	Жир Fat	Общего белка Total protein	Соле- раствори- мого белка SSP	Соединительно- тканного бел- ка Connective tis- sue protein	Влагосвязыва- ющая спо- собность WHC	Эмульгиру- ющая спо- собность Emulsifying capacity	Устойчи- вость эмульсии Emulsion stability
2	3	4	5	6	7	8	9
73,69	11,80	12,20	2,08	0,30	63,33	11,73	91,0
71,09	12,90	12,70	1,18	2,71	61,51	12,78	88,71
64,88	17,01	15,29	1,40	4,62	61,51	16,02	88,00
69,01	14,19	14,09	2,29	2,02	60,71	14,14	90,98
48,86	38,88	9,69	1,08	3,01	47,00	35,99	79,79
55,80	33,90	8,01	0,99	0,20	55,20	28,59	66,29
58,30	33,50	7,93	0,91	1,31	56,01	27,53	63,51
51,51	36,20	9,80	1,20	4,03	48,60	33,36	64,70
58,30	26,91	12,08	1,30	4,18	53,69	26,62	79,80
60,08	25,52	10,69	1,22	1,67	51,61	25,42	79,89
65,22	22,10	10,33	1,62	0,33	59,12	21,90	85,03
63,00	23,23	11,31	1,91	2,68	54,86	23,13	85,20
79,00	2,98	15,32	2,20	1,71	69,30	2,68	76,32
77,92	4,88	14,72	1,70	3,99	65,60	4,68	72,10
77,80	4,31	16,00	1,81	3,11	68,58	4,25	83,03
77,61	2,20	17,20	2,79	0,48	70,67	2,20	87,32

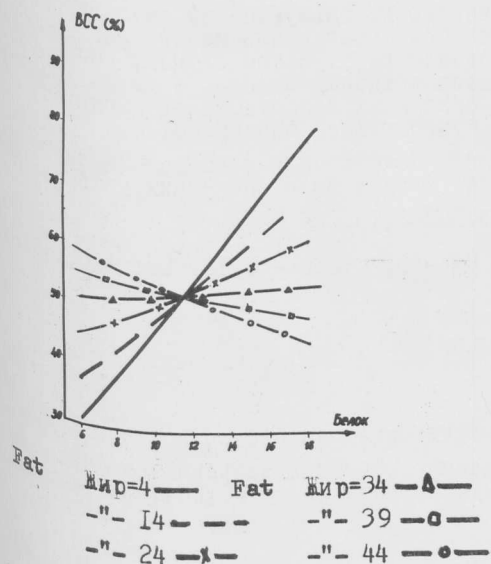


Рис.1. Изменение влагосвязывающей способности в зависимости от уровня жира в фарше
Fig.1. WHC changes as related to fat level in sausage emulsion

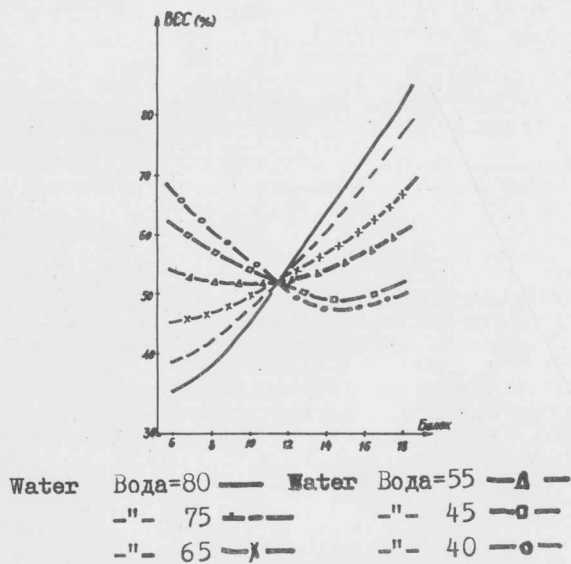


Рис.2. Изменение влагосвязывающей способности в зависимости от уровня воды в фарше
Fig.2. WHC changes as related to water level in sausage emulsion

Использование белка низкокальциевого растворимого копреципитата при изготовлении фарша эмульгированных колбасных изделий вело к увеличению влагосвязывающей способности системы в целом. Отмечено, что при постоянном содержании жира прирост влагосвязывающей способности на единицу общего белка увеличивается по мере повышения уровня использования белка низкокальциевого растворимого копреципитата. Так, при содержании жира 14% увеличение количества белка от 10% до 14% ведет к увеличению влагосвязывающей способности на 10,5%, при замене 10% мясного белка белком низкокальциевого растворимого копреципитата — влагосвязывающей способности увеличивается на 11,5%, а замена 40% мясного белка ведет к увеличению влагосвязывающей способности более чем на 12%. При содержании жира в фарше около 34% возрастание количества общего белка от 10 до 14% ведет к увеличению влагосвязывающей способности всего лишь на 0,25%, в то время при замене 10% мясного белка белком растворимого низкокальциевого копреципитата влагосвязывающая способность возрастает приблизительно на 1%, а при замене 40% — на 2,5% по сравнению с первоначальным значением. При содержании жира выше 34% наблюдается, как указывалось выше, уменьшение влагосвязывающей способности по мере увеличения количества общего белка. При замене части мясного белка белком низкокальциевого копреципитата влагосвязывающая способность фарша уменьшается в меньшей степени, а при определенном уровне замены может и повышаться.

Так, при содержании жира в фарше 39%, увеличение количества белка с 10 до 14% уменьшило влагосвязывающую способность фарша приблизительно на 6%. При замене 10, 20 и 30% мясного белка белком низкокальциевого растворимого копреципитата также наблюдалось уменьшение влагосвязывающей способности соответственно на 3,7; 2,8 и 1,9; при 40% замены мясного белка влагосвязывающая способность фарша почти не изменялась, а при 50%-ной замене мясных белков опять наблюдалось увеличение влагосвязывающей способности фарша.

Из вышесказанного можно предположить, что молочный белок усиливает действие мясного белка на влагосвязывающую способность фаршевой эмульсии и при одинаковом содержании общего белка в фарше позволяет переработать дополнительное количество жира. Повышение влагосвязывающей способности фарша при использовании белка низкокальциевого растворимого копреципитата происходит за счет того, что молочный белок эмульгирует жир и высвобождающийся при этом мышечный белок связывает дополнительное количество влаги.

Установлено также, что при содержании в мясном белке 20 и более процентов соединительнотканых белков, замена 10% мясного белка молочным за счет соединительнотканого ведет к резкому возрастанию влагосвязывающей способности при одновременном увеличении эмульгирующей способности. Из этого можно предположить, что соединительнотканые белки ухудшают функциональные свойства фаршевой эмульсии, что подтверждается также данными других исследователей (8 и др.). Если произвести замену мясного белка за счет уменьшения количества солерастворимых белков, то влагосвязывающая способность фарша будет возрастать тем больше, чем больше содержится в фарше жира. Эти данные подтверждаются данными других исследователей (9 и др.), о том что солерастворимые белки большей частью используются на эмульгирование жира. При недостатке солерастворимых белков в фарше белок низкокальциевого растворимого копреципитата расходуется прежде всего на эмульгирование жира. В том случае, когда заменяемый мясной белок содержит высокий уровень соединительнотканых белков, в фарше при замене мясного белка увеличивается количество активных связующих веществ, благодаря чему наблюдается увеличение как влагосвязывающей, так и эмульгирующей способностей.

Обработка данных, полученных в результате проведенных исследований, позволила выразить закономерности изменения влагосвязывающей способности фарша в виде следующих уравнений:

$$(1) \quad BCC = I,504Ж + 4,563 Бм + 5,370 Бк - 0,134БмЖ - 0,130БкЖ$$

$$(2) \quad BCC = I,402Ж + 4,140Бмт + 3,118Бст + 7,970 Бк - 0,245ЖБк - 0,189ЖБмт - 0,042ЖБст$$

где: BCC — влагосвязывающая способность,

Бм — белок исходного мясного сырья — мясной белок,

Бк — белок низкокальциевого растворимого копреципитата,

Ж — жир,

Бмт — белок мышечной ткани,

Бст — соединительнотканый белок,

Б*Ж — произведение, показывающие степень взаимодействия данного белка с жиром.

По уравнению 1 остаточное среднееквадратичное отклонение расчетных значений от фактических составило $s^2 = 4,89$, квадрат множественного коэффициента корреляции $R^2 = 0,904$; по уравнению 2:

$$s^2 = 3,42, R^2 = 0,940.$$

Из приведенных уравнений видно, что наибольший прирост влагосвязывающей способности наблюдается на единицу увеличения белка растворимого низкокальциевого копреципитата. Изменявшиеся коэффициенты во втором уравнении по сравнению с первым свидетельствуют о более точном описании модели влагосвязывающей способности фарша в зависимости от содержания жира и белковых компонентов (в том числе соединительнотканого белка), более "чистом" описании их влияния, а также влиянии на влагосвязывающую способность фарша белково-жировых эмульсий образованных белками.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

Влагосвязывающая способность фарша находится в сложной зависимости от содержания в рецептуре жира и белка;

Использование белка низкокальциевого растворимого копреципитата ведет к увеличению влагосвязывающей способности. Замена части мясного белка увеличивает влагосвязывающую способность фарша тем больше, чем выше уровень замены. При этом белок низкокальциевого растворимого копреципитата расходуется прежде всего на эмульгирование жира, а освобождающийся при

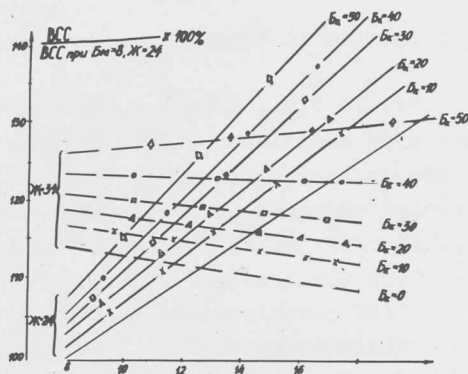


Рис. 3 Изменение влагосвязывающей способности в зависимости от уровня использования копреципитата (Бк)

Fig.3. WHC changes as related to co-precipitate level (Bk)

Мясной белок способствует увеличению влагосвязывающей способности. Наибольший прирост влагосвязывающей способности при замене мясного белка белком низкокальциевого растворимого копреципитата наблюдается в фаршевых эмульсиях с низким содержанием жира; высоким содержанием соединительнотканых белков с высоким содержанием жира; вследствие того, что белок низкокальциевого растворимого копреципитата является хорошим эмульгатором, его использование в рецептурах эмульгированных колбасных изделий позволяет переработать дополнительное количество жира при сохранении высокой влагосвязывающей способности фарша.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hansen L.J. Emulsion formation in finely comminuted sausage "Food Technology", 14, 565.
2. Hao A., Webb N.B., Whitefield I.K., Ivey F.I. Effect of composition the stability of sausage-type emulsions. "J. Food Science", 1973, 38, N 2, 271-274.
3. Schut J., Brouwer F. The influence of milc proteins (sodium caseinate) on the stability of cooked sausage. DMB Zuid-Nederlande, Milkindustrie b.v. Veyhel (Holland). A contribution to the 21st European Meeting of meat Research Workers at Bern (Switzerland), 1975.
4. Pfaff W. Die Definition "Auf geschlossenes Milcheiweib" Im Wandel der Fleisch-Verordnungen. "Fleischwirtschaft", 1974, bd. 54, 1, 46 - 47.
5. Brendl J., Karvanek M., Vapnik, Hořtíka zinek v mlečných bílkovinných přísadách vhodných do marných výrobku "Průmysl potravin", N 23, 1972, 4, 107-109.
6. Hermanson A.M., Akesson C. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect of concentration and temperature on water-binding properties of model meat systems. "J. Food Science", 1975, 40, 3, 595-602.
7. Ruip J. Anatrium-Kazeinat es szoja fenerje hatása a húspép vizkötő képességére. "Husipar", 1978, évf. 27, N 4, old. 180-182.
8. König J. The economy sausage. Meat, 1980, 53, N 4, p. 74.
9. Schut J., Basic Meat Emulsion technology. Meat Research Conference, Chicago, 1978.