

## Влияние микропартикулята на кислотную коагуляцию белков молока при производстве творога

Аркадий Н. Пономарев,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>
Елена И. Мельникова,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>
Екатерина Б. Станиславская,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:tereshkova-katia@yandex.ru">tereshkova-katia@yandex.ru</a>
Евгений Г. Коротков	<sup>2</sup>	<a href="mailto:e.korotkov@molvest.ru">e.korotkov@molvest.ru</a>

<sup>1</sup> кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

<sup>2</sup> ОАО Молочный комбинат «Воронежский», ул. 45 Стрелковой Дивизии, 259, г. Воронеж, 394016, Россия

**Реферат.** Одно из актуальных направлений переработки сыворотки – модификация ее состава и свойств для применения в технологии творога. Модификация состава и свойств сыворотки предусматривала ультрафильтрационное концентрирование и последующую микропартикуляцию полученного концентрата. Подобранные режимы позволили получить частицы микропартикулята сывороточных белков по форме и размерам схожие с жировыми шариками. Микропартикулят сывороточных белков предложено использовать в технологии творога. Исследовали влияние массовой доли микропартикулята сывороточных белков на процесс ферментации и образование кислотного сгустка при производстве обезжиренного творога. Наиболее активный рост титруемой и активной кислотности наблюдался у образцов творожных сгустков с массовой долей микропартикулята сывороточных белков от 10 до 15%. Анализ органолептических показателей творожных сгустков позволил сделать вывод, что внесение микропартикулята сывороточных белков придает сгустку более гладкий вид, увеличивает густоту, придает сливочный вкус. В течение самопрессования встроенные внутрь частицы микропартикулята сывороточных белков препятствуют процессу уплотнения, и массовая доля влаги в твороге повышается. Применение микропартикулята сывороточных белков интенсифицирует процесс сквашивания творожного сгустка и увеличивает выход готового продукта на 20 – 30 %. Применение микропартикулята сывороточных белков для обогащения нормализованной смеси при производстве творога позволяет расширить ассортимент низкокалорийных белковых продуктов, способствует интенсификации процесса сквашивания обогащенной нормализованной смеси, увеличению выхода творога и его биологической ценности.

**Ключевые слова:** микропартикулят сывороточных белков, творог, кислотная коагуляция белка

## The influence of microparticulate on acid coagulation of milk proteins in curd manufacture

Arkadii N. Ponomarev,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>
Elena I. Melnikova,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:melnikova@molvest.ru">melnikova@molvest.ru</a>
Ekaterina B. Stanislavskaya,	<sup>1</sup>	<a href="mailto:tereshkova-katia@yandex.ru">tereshkova-katia@yandex.ru</a>
Evgenii G. Korotkov	<sup>2</sup>	<a href="mailto:e.korotkov@molvest.ru">e.korotkov@molvest.ru</a>

<sup>1</sup> Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia

<sup>2</sup> JSC Dairy plant "Voronezhsky", 394016, Voronezh, st. 45 Strelkovoy Divisii, 259

**Summary.** One of the important trends of whey processing is the modification of its composition and properties for the applications in curd technology. Modification of whey composition and properties included ultrafiltration concentration and subsequent microparticulation of the concentrate obtained. Selected modes allowed to obtain particles of microparticulate of whey proteins similar to fat globules in shape and size. Whey proteins microparticulate was proposed to use in curd technology. The influence of mass fraction of whey proteins microparticulate on the process of fermentation and acid clot formation in the production of low-fat curd was investigated. The most intensive growth and titratable and active acidity was observed in samples of curd clots with a mass fraction of whey proteins microparticulate from 10 to 15%. The analysis of organoleptic characteristics of curd clots led to the conclusion that the introduction of whey proteins microparticulate gives a smooth appearance to the clot, increases the density, adds a creamy taste. In the process of self-pressing of whey proteins microparticulate particles embedded inside impede the process of densification, and the mass fraction of moisture in the curd increases. Application of whey proteins microparticulate intensifies the process of curd clot formation and increases the yield of the finished product by 20 - 30%. Application of whey proteins microparticulate for enrichment of normalized mixture in the production of curd allows to expand the range of low-calorie protein products contributes to the intensification of the process of ripening of enriched normalized mixture, increases the yield of curd and its biological value.

**Keywords:** whey proteins microparticulate, curd, protein acid coagulation

### Для цитирования

Пономарев, А.Н., Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Коротков Е.Г. Влияние микропартикулята на кислотную коагуляцию белков молока при производстве творога // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 164–169. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-164-169

### For citation

Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., Korotkov E.G. The influence of microparticulate on acid coagulation of milk proteins in curd manufacture. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 164–169. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-164-169

### Введение

Сложившаяся экономическая ситуация в РФ привела к снижению покупательской способности населения на молочные продукты высокой ценовой категории, в том числе, творога. Реализация ресурсосберегающих технологий в производстве этой ассортиментной группы продуктов имеет большое научное и практическое значение.

Традиционный способ производства творога методом кислотной коагуляции предусматривает высокие нормы расхода сырья – 6500–7500 кг на тонну готового продукта, значительные потери белка и жира вместе с творожной сывороткой. Одним из перспективных ингредиентов, позволяющих снизить затраты сырья и улучшить органолептические показатели и качество готового продукта, в том числе, излишнее кислый вкус и грубую консистенцию, является микропартикулят сывороточных белков [1–2].

**Объекты и методы экспериментальных исследований.** В качестве объектов исследования были выбраны микропартикулят сывороточных белков в обезжиренная смесь для творога, обогащенная микропартикулятом.

Микропартикуляция – процесс термомеханической обработки белкового комплекса

молочной сыворотки, предусматривающий нагревание с последующим механическим воздействием с целью микрогранулирования. При тепловой обработке УФ-концентрата сыворотки молекулы сывороточных белков денатурируют (разворачиваются), а затем начинают скапливаться в агрегаты. С помощью последующего механического воздействия возможно получить частицы микропартикулята, по размеру и форме схожие с жировыми шариками (средний диаметр частиц микропартикулята составил 2,5 мкм) [3]. Термомеханическая обработка УФ-концентрата позволяет улучшить его органолептические свойства, усиливает белизну [4] и придает продукту приятный «ореховый» аромат. Полученный микропартикулят характеризуется высокой массовой долей сывороточных белков (таблица 1), сбалансированных по аминокислотному составу и выполняющих многочисленные функции в организме человека [5].

При выполнении работы использованы стандартные и общепринятые в исследовательской практике физические и физико-химические, химические, микробиологические, физиологические и технологические методы исследования.

Таблица 1.

Состав микропартикулята

Table 1.

Composition of the microparticulate

Наименование показателя Indicator	Значение показателя Index value
Массовая доля сухих веществ, % Mass fraction of solids, %	15,3
Массовая доля белка, %, в т. ч. казеин Mass fraction of protein, % including casein	9,7
сывороточные белки serum proteins	0,7
небелковый азот non-protein nitrogen	8,9
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	0,1
Массовая доля лактозы, % Mass fraction of lactose, %	4,7
Массовая доля макроэлементов, %, в т. ч.: Mass fraction of macronutrients, %, including calcium	0,067
калий potassium	0,091
магний magnesium	0,012
фосфор phosphorus	0,042

## Результаты исследований

Микропартикулят сывороточных белков вносили в нормализованную смесь для творога в количестве от 5 до 15%. Смесь заквашивали DVS-культурой «Probat 801» компании «Danisco», состоящей из следующих штаммов микроорганизмов: *Lactococcus lactis lactis*, *Lactococcus lactis cremoris*, *Lactococcus lactis diacetylactis*,

*Leuconostoc mesenteroides cremoris*. Заквашивание производили при температуре  $30 \pm 2$  °C.

Исследовали влияние массовой доли микропартикулята на процесс ферментации и образование кислотного сгустка при производстве обезжиренного творога. Ввиду известных пребиотических свойств микропартикулята повышение его массовой доли интенсифицировало процесс сквашивания нормализованной смеси (рисунок 1).

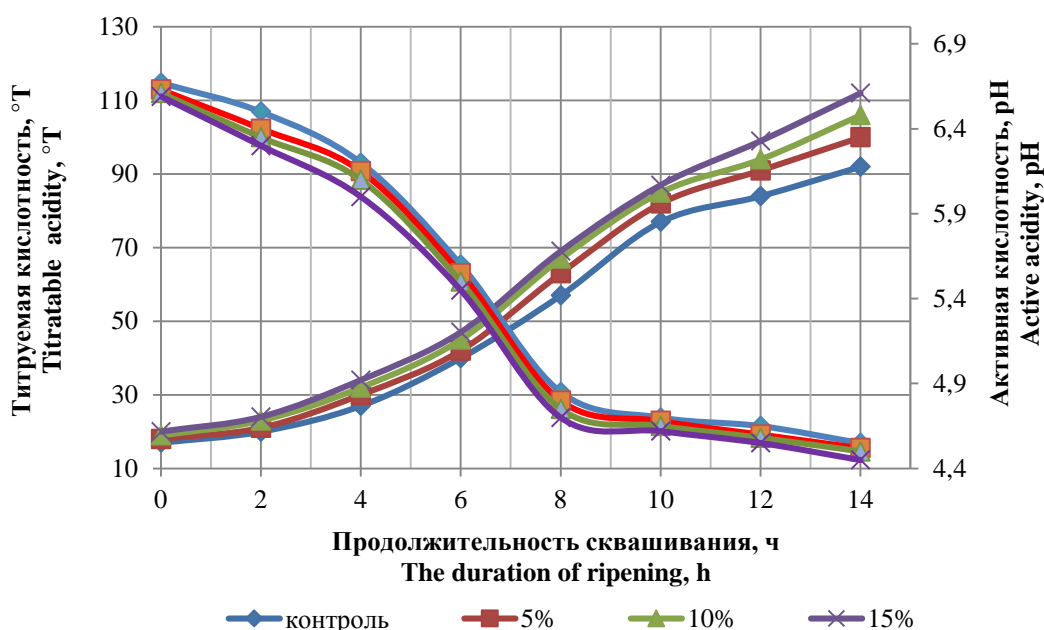


Рисунок 1 Влияние массовой доли микропартикулята на изменение титруемой и активной кислотности смеси в процессе сквашивания

Figure 1 Influence of mass fraction of microparticulate on change of titratable and active acidity of the mixture during the fermentation process

Наиболее активный рост титруемой и активной кислотности наблюдался у образцов творожных сгустков с массовой долей микропартикулята от 10 до 15%.

Расчет лактображивающей активности позволил сделать вывод о том, что с увеличением

массовой доли микропартикулята сывороточных белков возрастает содержание молочной кислоты, а следовательно, и количество сброженной лактозы (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели лактображивающей активности

Table 2.

Indicators lactobacilius activity

Массовая доля микропартикулята, % Mass fraction of microparticulate	Начальная кислотность творожных сгустков, °T The initial acidity of the clots, °T	Конечная кислотность творожных сгустков, °T The final acidity of the clots, °T	Количество образовавшейся молочной кислоты, г / 100 см³ The amount of formed lactic acid, g / 100 cm³	Количество сброженной лактозы, г / 100 см³ The quantity of fermented lactose, g / 100 cm³
0 (контроль)	17	92	0,675	0,641
5	18	100	0,738	0,701
10	19	106	0,783	0,744
15	20	112	0,828	0,787

Молочная кислота снижает отрицательный заряд казеиновых мицелл, что приводит к образованию геля. Частицы микропартикулированного сывороточного белка участвуют в формировании казеинового сгустка – они внедряются в белковую матрицу, функционируя подобно жировым глобулам.

Равномерно распределяя воду в казеиновой матрице, частицы микропартикулята способствуют развитию эластичной структуры и улучшению текстуры [6].

Исследовали влияние массовой доли микропартикулята на реологические свойства

творожного сгустка. Измерение эффективной вязкости проводили на ротационном вискозиметре при градиенте скорости сдвига, равном 48,6 с<sup>-1</sup>. Анализ кривых позволяет сделать вывод о том, что на начальном этапе процесса сквашивания вязкость не меняется – это соответствует индукционному периоду, при котором еще не наблюдается образование сгустка. Далее частицы микропартикулята интенсифицируют рост эффективной вязкости до достижения ее максимального значения (рисунок 2).

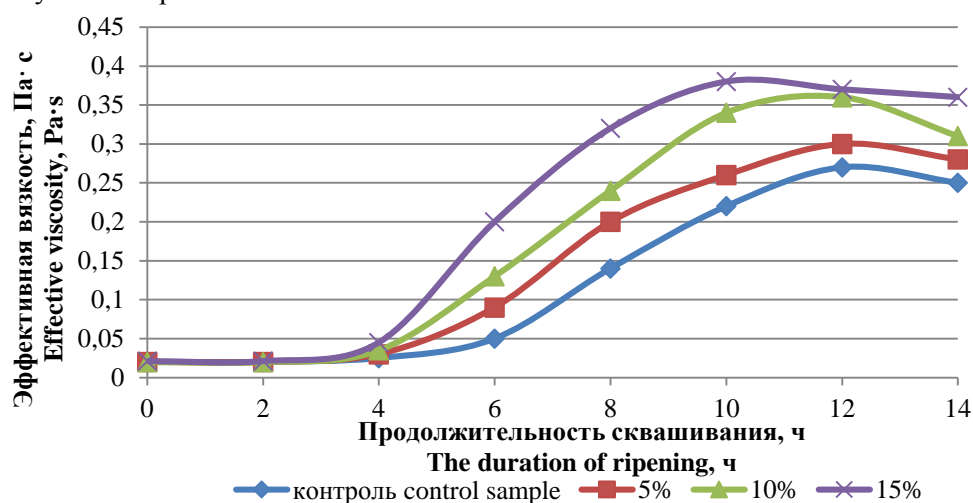


Рисунок 2. Изменение эффективной вязкости творожных сгустков в процессе сквашивания

Figure 2. The change of effective viscosity of clots in the fermentation process

Наиболее активно способны образовывать пространственную структуру образцы творожных сгустков с массовой долей микропартикулята от 10 до 15%.

Для выявления устойчивости образовавшегося сгустка к синерезису в процессе хранения определяли его влагоудерживающую способность (рисунок 3).

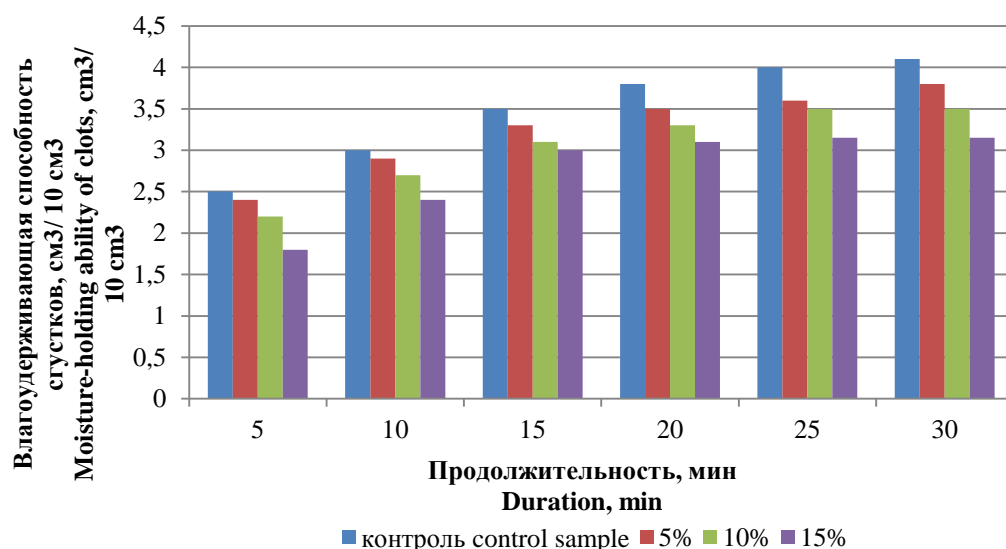


Рисунок 3. Влагоудерживающая способность сгустков

Figure 3. Moisture retention capacity of clots

Встроенные в пространственную структуру сгустка частицы микропартикулята препятствуют процессу уплотнения, при этом массовая доля влаги в продукте повышается, а влагоудерживающая способность улучшается.

Анализ органолептических показателей творожных сгустков (рисунок 4) позволяет сделать вывод, что внесение микропартикулята сывороточных белков придает сгустку более гладкий вид, увеличивает густоту, придает сливочный вкус.

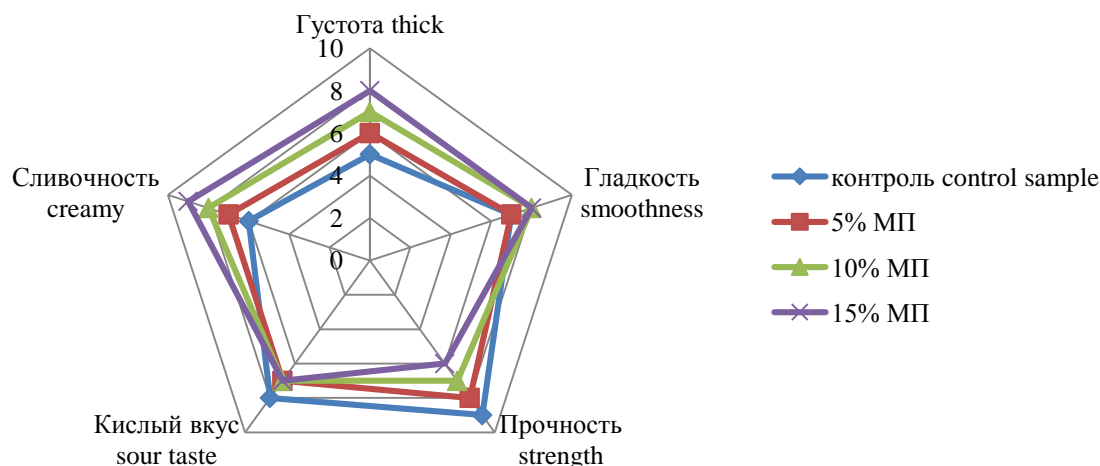


Рисунок 4. Органолептические показатели сгустков в зависимости от массовой доли микропартикулята сывороточных белков

Figure 4. Organoleptic characteristics of clots depending on the mass fraction of whey proteins microparticulate

### Выводы

Выполненные исследования подтверждают целесообразность использования микропартикулята сывороточных белков при

производстве обезжиренного творога. Применение микропартикулята интенсифицирует процесс сквашивания творожного сгустка и увеличивает выход готового продукта на 20–30%.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Храмцов А.Г. Новации молочной сыровотки. СПб.: ИД Профессия, 2016. 490 с.
- 2 Дымар О.В. Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов // Молочная промышленность. 2014. № 6. С. 19–21.
- 3 Лосев А.Н., Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б. Микропартикуляция творожной сыворотки // Молочная промышленность. 2015. № 9. С. 42–43.
- 4 Bayoumi H.M., Mohamed A.G., Sheikh M.M.E., Farrag A.F. et al. Effect of ultrafiltration permeates on the quality of chocolate milk // Journal of American Science. 2011. V. 7. № 7. P. 609–615.
- 5 Hurley W.L. Milk protein // Rijeka, Croatia: InTech. 2012. V. 1. 352 p.
- 6 Лосев А.Н., Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Коротков Е.Г. Творог с микропартикулятом сывороточных белков // Молочная промышленность. 2016. № 1. С. 36–38.

### REFERENCES

- 1 Khramcov A.G. Novacii molochnoj syv-  
orotki [Innovations of milk whey]. Saint-Peters-  
burg, Professiya, 2016. 490 p. (in Russian)
- 2 Dymar O.V. Technological aspects of the  
use of microparticulates whey protein in the manufac-  
ture of dairy products. *Molochnaja promyshlennost'*  
[Dairy industry] 2014, vol.6, pp.19–21/ (in Russian)
- 3 Losev A.N., Ponomarev A.N., Mel'nikova E.I.,  
Stanislavskaja E.B. Microparticulation of cheese  
whey. *Molochnaja promyshlennost'* [Dairy indus-  
try] 2015, vol.9, pp.42–43. (in Russian)
- 4 Bayoumi H.M., Mohamed A.G., Sheikh  
M.M.E., Farrag A.F. et al. Effect of ultrafiltration per-  
meates on the quality of chocolate milk. *Journal of  
American Science*, 2011, vol. 7, no. 7, pp. 609–615.
- 5 Hurley W.L. Milk protein. Rijeka, Croa-  
tia: InTech., 2012, vol. 1, 352 p.
- 6 Losev A.N., Mel'nikova E.I., Stani-  
slavskaja E.B., Korotkov E.G. Cottage cheese with  
whey proteins microparticulate *Molochnaja  
promyshlennost'* [Dairy industry] 2016, vol. 17,  
pp.36–38. (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Аркадий Н. Пономарев** д.т.н., зав. кафедрой технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, melnikova@molvest.ru

**Елена И. Мельникова** д.т.н., профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, melnikova@molvest.ru

**Екатерина Б. Станиславская** к.т.н., доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tereshkova-katia@yandex.ru

**Евгений Г. Коротков** ведущий специалист ОТКиР ОАО "Молочный комбинат "Воронежский", г. Воронеж, ул. 45 Стрелковой Дивизии, д. 259.

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Аркадий Н. Пономарев** предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

**Екатерина Б. Станиславская** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

**Елена И. Мельникова** консультация в ходе исследования

**Евгений Г. Коротков** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 17.07.2016**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 23.08.2016**

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Arkadii N. Ponomarev** doctor of technical science, head of Department of technology of animal products, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, melnikova@molvest.ru

**Elena I. Melnikova** doctor of technical science, Professor of Department of technology of animal products, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, melnikova@molvest.ru

**Ekaterina B. Stanislavskaya** candidate of technical science, associate professor of Department of technology of animal products, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, tereshkova-katia@yandex.ru

**Evgenii G. Korotkov** leading specialist Otter, OAO Dairy plant "Voronezh", Voronezh, St. 45 Infantry Division, d. 259.

#### CONTRIBUTION

**Arkadii N. Ponomarev** proposed a scheme of the experiment and organized production trials

**Ekaterina B. Stanislavskaya** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

**Elena I. Melnikova** consultation during the study

**Evgenii G. Korotkov** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 7.17.2016**

**ACCEPTED 8.23.2016**