

УДК 637.5

Влияние ультразвука на показатели готового мелкоштучного хлебобулочного изделия.

Антуфьев В.Т., Иванова М.А.

antufjew2010@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

Целью проводимых исследований является исследование влияния ультразвука на показатели готового мелкоштучного хлебобулочного изделия из пшеничной муки высшего сорта. Экспериментально подтверждено, что применение ультразвука на стадии выпечки положительно влияет на состояние мякиша, упек, время выпечки и сокращает энергозатраты на данный процесс. Предварительные эксперименты в присутствии ультразвукового поля дали положительные результаты. Упек уменьшился на 2 %, толщина корки выпекаемого изделия составила 1,3 мм, тогда как при выпечке в обычных печах, она составляет 2 мм.

Ключевые слова: выпечка, ультразвук, пористость, снижение упека.

Influence of ultrasound on indicators of ready small a piece bakery product.

Antufjev V.T., Ivanova M.A.

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

The purpose of spent researches is research of influence of ultrasound on indicators of ready small a piece bakery product from premium wheat flour. It is experimentally confirmed that ultrasound application on batch stages well influences a crumb condition, oven loss, time of a batch and reduces power inputs to the given process. Preliminary experiments in the presence of an ultrasonic field have yielded positive results. Oven loss has decreased for 2 %, the thickness of a crust of a baked product has made 1,3 mm whereas at a batch in usual furnaces, it makes 2 mm.

Keywords: batch, ultrasound, porosity, oven loss decrease

При производстве хлебобулочных изделий важную роль играют тепломассообменные процессы. С одной стороны, они целенаправленно осуществляются в специальных аппаратах (печи, камеры и т.п.), а с другой — возникают в технологических и производственных циклах, сопровождаемых переносом теплоты (при экзо - и эндотермических реакциях, в процессах выпечки, клейстеризации крахмала и др.). Главным тепломассообменным процессом является процесс выпечки. Его организация существенно влияет как на качество и выход готовой продукции, так и на её себестоимость.

Ультразвук широко применяется в пищевой промышленности, положительно влияя на такие процессы как: экстрагирование, растворение, эмульгирование, диспергирование. Так же ультразвук применяется в молочной и винодельческой промышленности, в хлебопекарной промышленности с помощью ультразвука активируют дрожжи, воду перед замесом теста.[3]

Основным процессом, протекающим при выпечке мучных изделий, является прогрев заготовки. Изменение температуры различных слоев выпекаемого изделия является первопричиной протекания тех процессов, которые приводят к образованию готового продукта из тестовой заготовки.[2]

При выпечке мучных изделий в ультразвуковом поле продолжительность процесса значительно сокращается по сравнению с традиционным способом.[1] Эффективность применения ультразвука может быть объяснена воздействием следующих специфических эффектов, присущих ультразвуковым колебаниям [4]

- кавитационного эффекта;
- разрушающего действия на пограничный слой воздуха и жидкой фазы на поверхности теста;
- образования микропотоков;
- повышение диффузионной проницаемости теста за счет капиллярного эффекта;
- эффекта интенсификации тепло и массообмена внутри тестовой заготовки.

Кавитация - образование в жидкости и в приповерхностном слое выпекаемой тестовой заготовки пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных паром, газом или их смесью. В ультразвуковой волне во время полупериодов разрежения возникают кавитационные пузырьки, которые резко захлопываются при переходе в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости, интенсивное излучение акустических волн. При этом в тесте происходит разрушение поверхностей твёрдых тел, граничащих с кавитирующей жидкостью.

Получение механических колебаний ультразвуковой частоты осуществляется с помощью специализированных устройств.

Использование ультразвукового устройства во время выпечки мелкоштучных булочных изделий так же дало положительный эффект (рис.1) так, во время выпечки регулируемых по силе ультразвуковых колебаний, позволяет

получить на тестовых заготовках более тонкую и равномерную корочку. Интенсивный прогрев мякиша приводит к тому, что вода, содержащаяся в порах теста, быстрее превращается в пар и, делает мякиш более мелкопористым и объемным.

Малые возмущения от ультразвукового генератора волн в воздухе приводят к турбулизации пограничного слоя, приводящего к интенсивному теплообмену с воздухом пекарной камеры. При воздействии ультразвука в ВТЗ наблюдается ускорение повышения температуры до нескольких градусов в минуту. Это происходит за счет превращения небольшой части акустической энергии в тепловую вследствие поглощения ультразвука и снижения термического сопротивления тепло - и массопереносу благодаря капиллярному эффекту. Экспериментально определено, что толщина пристенного слоя уменьшается с 3-5 мм до 0,3-0,6 мм. Время выпечки уменьшилось на 22-28%, температура выпечки на 20-30%. [1]

Усиление теплообмена за счет капиллярного и вибрационного эффекта приводит к более равномерному распределению газов и паров в тесте, и как следствие повышению пористости мякиша.



а

б

Рисунок 1. Пористость мякиша:

а) с применением ультразвука; б) без применения ультразвука

Использование в камерах хлебопекарных печей генераторов ультразвука, позволяют при малой затрачиваемой мощности ($0,1-0,2 \text{ Вт/см}^2$) равномерно разрушать пограничную пленку воздуха со всех сторон изделия при росте коэффициента теплоотдачи в 1,6 – 2,1 раза. Это увеличивает скорость выпечки на 25 – 30%.

Исследования показывают, что малые возмущения от генератора волн в воздухе приводят к турбулизации пограничного слоя, а их отражения к автоколебаниям этого слоя с интенсивным теплообменом с воздухом пекарной камеры. То есть передвижение одной волны возмущения способствует созданию вакуума у поверхности, и подосу новых порций воздуха – теплоносителя. Естественно, хлеб при этом будет выпекаться

быстрее и равномернее даже при более низкой температуре выпечки, так как при озвучивании ультразвук многократно отражается от стен камеры и хлебобулочных изделий, и проникает во все трещины и раковины хлеба, снижая термическое сопротивление тепло - и массопереносу. Мякиш хлеба также подвергается автоколебаниям на глубину до нескольких сантиметров, что также способствует интенсивному проникновению тепла внутрь хлеба. При этом частицы хлеба получают ускорения до 5 g при мощности около 1 Вт/см². Таким образом, ультразвуковые генераторы должны существенно увеличить производительность хлебопекарных печей и повысить качество хлебобулочных изделий.

Качественные характеристики хлебобулочного изделия, выпеченного с применением ультразвука

Поверхность - гладкая, блестящая, без трещин и подрывов.

Окраска корок - равномерная со всех сторон, в том числе и во впадинах, не бледная и не подгоревшая.

Состояние мякиша – хлебобулочное изделие имеет равномерную мелкую тонкостенную пористость, без пустот и признаков закала (неразрыхленных участков мякиша). Мякиш мягкий, хорошо пропеченный, не липкий и не влажный на ощупь, эластичный, после легкого надавливания пальцем принимает первоначальную форму. Видимо, при воздействии УЗВ стимулируется более равномерное распределение газов в тестовой массе, которая временно «разжижается». Уменьшен размер пузырьков и форма их ближе к шарообразной.

Толщина корки в связи с снижением температуры выпечки в печи на 30°C–1,3мм. Толщина корки хлебобулочного изделия, выпеченного без применения ультразвука при стандартной температуре выпечки в печи составляет 2 мм.



Рисунок 2. Пористость хлебобулочного изделия, выпеченного без применения ультразвука



Рисунок 3. Пористость хлебобулочного изделия, выпеченного с применением ультразвука

Другим положительным моментом при выпечке в печах, оснащенных ультразвуковым генератором, является уменьшение времени выпечки и как следствие уменьшение упека хлебобулочного изделия по сравнению с изделиями, выпеченными в обычных печах.

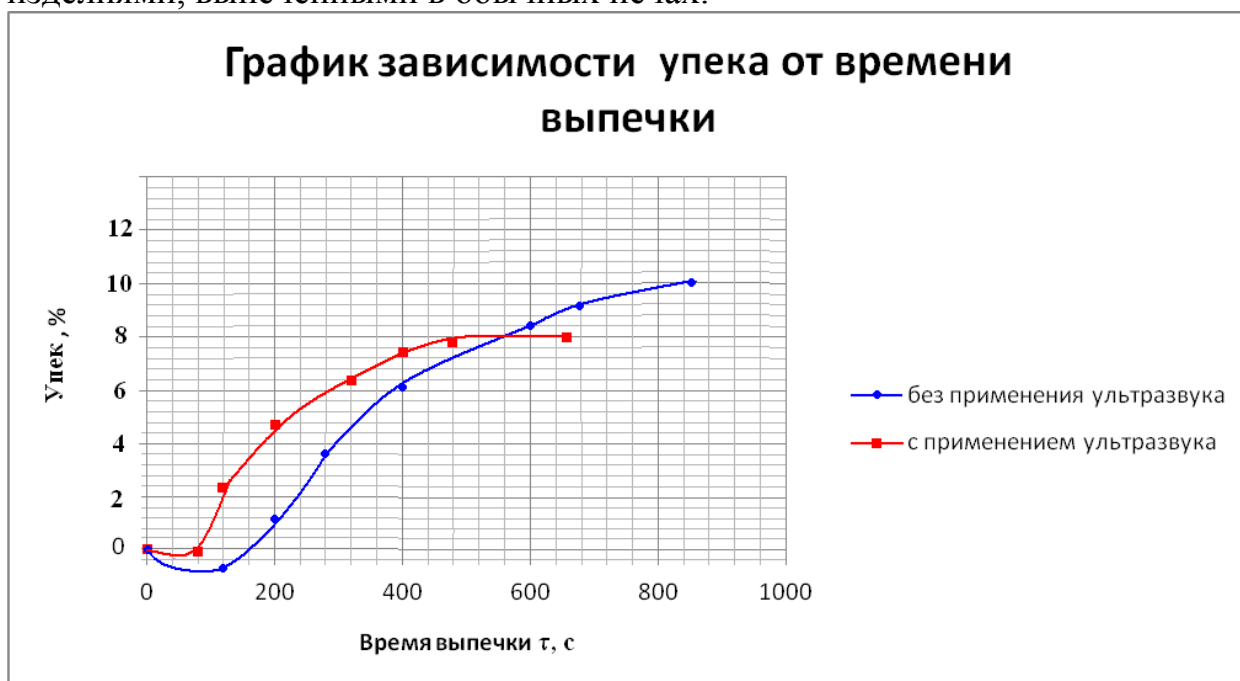


Рисунок 4. График зависимости упека от времени выпечки.

Как видно из рисунка 4 при выпечке в печах с ультразвуковым генератором процент упека уменьшается на 2%, что благотворно влияет на

качество готового продукта, так же получены аппроксимационные зависимости:

$$\text{с ультразвуком: } M_{\text{уп}} = -0,069\tau^3 + 0,804\tau^2 - 0,990\tau - 0,128 \quad (1)$$

$$\text{без ультразвука: } M_{\text{уп}} = -0,093\tau^3 + 1,274\tau^2 - 3,207\tau + 1,814 \quad (2)$$

По данным, полученным для теста-хлеба, были построены кривые, характеризующие изменение температуры по слоям теста. Анализ кривых показал, что при выпечке хлеба в ультразвуковом поле интенсивно растет температура не только поверхностных, но и центральных слоев. Это обусловлено тем, что под воздействием ультразвукового поля пограничный слой оказывает очень малое термическое сопротивление тепловому потоку. В результате наблюдается увеличение скорости прогрева внутренних слоев за счет других способов теплопередачи.

В процессе выпечки хлебобулочных изделий средняя влажность выпекаемых изделий изменяется, уменьшаясь до равновесной по причине испарения влаги из поверхностных слоев. Это обусловлено тем, что в процессе выпечки хлеба разность концентраций меняет свой знак.

Конденсация влаги из паровоздушной среды и сорбция ее поверхностными слоями теста-хлеба повышает концентрацию поверхностных слоев, заставляя перемещаться влагу по направлению к центру изделия. Ускоренное за счет ультразвука испарение влаги с поверхности теста, превышение температуры точки росы, образование зоны испарения и углубление ее во внутренние слои — все это создает благоприятные условия для обратного перемещения влаги: от центра к поверхности.

Обобщая все выше изложенное можно сделать вывод, что при выпечке хлебобулочных изделий в поле действия ультразвука:

- увеличивается пористость;
- уменьшается толщина корки;
- распределение пор более равномерно;
- наблюдается уменьшение времени выпечки хлебобулочных изделий;
- уменьшается упек по сравнению с выпечкой в обычных печах;
- энергозатраты сокращаются;

Список литературы

1. В.Т.Антуфьев, А.Н.Андреев, Ю.П.Горшков, О.Н.Русакевич. Инновационные аспекты разработки ресурсосберегающего процесса выпечки хлебобулочных изделий в поле действия ультразвука [Электронный ресурс]: Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств»/ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий.- Электрон. журнал – Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2009. - №1.- март 2009.»
2. Маматов И.М. Математическое моделирование в управлении теплообменными процессами производства хлебопродуктов в

потребительской кооперации./Международная научно-практическая конференция «Информатика-2002»

3. Хмелёв В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография/ Алтайский государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова. - Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997. - 160 с.
4. http://www.alexplus.ru/articles/eff_and_probl.html