

шими хлебопекарными свойствами — водопоглотительной, газообразующей и газодерживающей способностью. Себестоимость производства предлагаемого обога-

теля в 1,5—2 раза ниже по сравнению с другими рассмотренными в работе добавками, тем более при раздельном приготовлении обогатителей и улучшителей хлеба.

УДК 664.655.19

ВЫПЕЧКА ХЛЕБА И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

А. Н. ДОРОХОВИЧ

Киевский технологический институт пищевой промышленности

В. В. ПАСИЧНЫЙ, О. А. ПРИХОДЬКО

Институт проблем материаловедения

АН Украинской ССР

Выпечка хлеба и мучных кондитерских изделий — наиболее сложная и энергоемкая фаза технологического процесса.

В СССР и за рубежом разрабатываются новые конструкции печей, позволяющие снизить расход тепла на выпечку без ухудшения качества хлебобулочных изделий; изыскиваются нетрадиционные способы подвода тепла. С этой целью применяется высокочастотный, микроволновый, инфракрасный коротковолновый обогрев. Для выпечки в основном используются газ, нефть и электрическая энергия.

Одной из первоочередных задач является необходимость замены традиционных невозобновляемых источников тепла на возобновляемые, например геотермальную, ветровую и солнечную энергии, запасы которых

Выпечку вели на гелиоустановках ОКТБ Института проблем материаловедения АН Украинской ССР. В качестве солнечной печи был применен цельный зеркальный параболический концентратор диаметром 1 м, с фокусным расстоянием 0,36 м; угол раскрытия — 120°. Для выпечки штучных кексов использовали штампованные алюминиевые формы, которые закрепляли с помощью специально изготовленной оснастки.

Пшеничный хлеб и кекс выпекали по двум схемам нагрева (рис. 1). По первому способу (а) происходил прямой нагрев формы 2 в фокальной области концентратора 1 и дополнительный подогрев от линзы Френеля 4, которая служит для создания равномерного подвода тепла к верхней поверхности выпекаемых изделий.

Первые эксперименты с прямым нагревом поверхности теста через линзу Френеля показали необходимость применения переизлучающего экрана в виде металлической крышки 3, в которой просверливалось несколько отверстий для свободного выхода водяных паров. Дальнейшие исследования показали, что использование металлической крышки с большим радиусом кривизны при массе теста 83—85 г позволяет отказаться от линзы Френеля.

Все дальнейшие выпечки проводили по упрощенному способу нагрева (б). Нижняя,

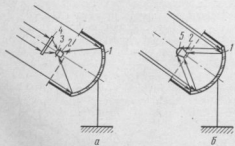


Рис. 1. Принципиальные схемы прямого подвода тепла к формам с выпекаемыми изделиями в фокальной области солнечной печи

практически бесконечны и их использование не загрязняет окружающую среду.

Сейчас солнечная энергия находит применение для опреснения морской воды, подогрева воды и пищи, для отопления жилых и производственных зданий. Однако для выпечки хлебобулочных и мучных кондитерских изделий солнечная энергия до сих пор не использовалась.

В данной работе нами впервые исследована возможность применения солнечной энергии для выпечки пищевой продукции.

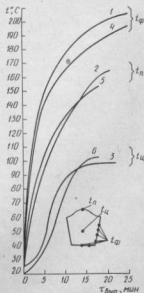


Рис. 2. Кривые прогрева печкарной формы, поверхностных и центральных слоев теста — хлеба (1, 2, 3) и кекса (4, 5, 6)

Нормальная солнечная радиация, Вт/м ²	Длительность выпечки (в мин) при L											
	0,31 м				0,32 м				0,34 м			
	хлеб		кекс		хлеб		кекс		хлеб		кекс	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
570	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	24,7	20,0	19,2
600	—	—	—	—	—	—	22,5	23,8	23,1	22,8	18,0	17,3
630	—	—	25,6	25,2	27,3	28,6	20,5	21,8	21,3	20,9	15,7	15,3
650	—	—	24,6	23,7	26,0	27,3	19,3	20,6	20,0	19,6	14,3	14,1
680	—	—	22,4	21,8	24,0	25,4	17,3	18,6	18,2	17,7	12,2	12,1
700	30,0	28,0	21,2	20,6	22,7	24,0	16,1	17,4	17,0	16,4	10,7	11,0
730	27,5	26,1	19,2	18,7	20,7	22,2	14,2	15,5	15,1	14,5	—	—
750	26,0	24,8	18,0	17,4	19,4	20,9	13,0	14,2	—	—	—	—
780	23,5	22,9	16,0	15,4	—	—	—	—	—	—	—	—
800	22,0	21,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание I — экспериментальные данные; II — расчетные.

боковые и бо́льшая часть поверхности крышки 5, обращенные к концентратору, обогревались за счет концентрированной солнечной энергии, а остальная часть крышки — вследствие теплопроводности. Наружную поверхность крышки зачерняли для увеличения поглощающей способности.

Тесто для хлеба готовили безопарным способом из муки высшего сорта; для кекса — по рецептуре кекса «Столичный». Масса куска — 83—85 г. После замеса тесто помещали в форму, в которой проводили расстойку и в дальнейшем — выпечку. Перед выпечкой верхнюю поверхность теста смачивали водой, форму закрывали крышкой. В ходе эксперимента было установлено, что для лучшего прогрева верхней поверхности целесообразно все ранее просверленные отверстия перекрыть и оставить одно для выхода водяных паров.

Проведенные исследования показали, что длительность выпечки зависит от величины нормальной солнечной радиации R и расстояния между зеркалом и формой L . Нормальная солнечная радиация измерялась актинометром АТ-50 и гальванометром ГСА-1.

Результаты опытов позволили установить, что оптимальное расстояние L равно 0,32 м, так как при всех значениях нормальной солнечной радиации R хлеб и кексы получались хорошего качества, т. е. по всем показателям готовая продукция соответствовала требованиям ГОСТа. Увеличение L более 0,32 м сокращает продолжительность выпечки, но не при всех значениях R качество готовой продукции соответствует требованиям ГОСТа. Так, при выпечке кекса ($R=650$ Вт/м²) и хлеба ($R=700$ Вт/м²) при $L=0,34$ м поверхность изделий получалась темная, корочка толстая, пористость неравномерная. Снижение расстояния до 0,31 м и менее не ухудшает качество готовой продукции, но удлиняет выпечку. Так, длительность выпечки кекса при $R=700$ Вт/м² и $L=0,32$ м равна 16,1 мин, а при $L=0,31$ м — 21,2 мин; $\tau_{\text{вып}}$ хлеба соответствовала 23 и 30 мин.

Применив метод наименьших квадратов, составив программу и вычислив на ЭВМ ЕС-1022, получили зависимость вида $\tau_{\text{вып}} =$

$$=f(R, L):$$

$$\tau_{\text{вып}} = 191,321 - 0,634R - 384L \quad \text{для хлеба}$$

$$\tau_{\text{вып}} = 165,533 - 0,644R - 322L \quad \text{для кекса}$$

Результаты исследований и расчетные данные представлены в таблице.

Во время выпечки хлеба и кекса в солнечной печи фиксировали изменение температуры боковой поверхности и доньшка металлической формы, для чего на них зачеканивали медь-константановые термомпары. На рис. 2 представлены кривые прогрева металлической формы, центральных и поверхностных слоев кекса и хлеба, полученные при их выпечке в солнечной печи с параметрами: $L=0,32$ м, $R=710-750$ Вт/м² — для хлеба и $R=660-700$ Вт/м² — кекса.

Известно, что объективным критерием окончания выпечки хлеба и кекса при традиционном радиационно-конвективном обогреве является температура прогрева центральных $t_{\text{ц}}$ и поверхностных $t_{\text{п}}$ слоев. К концу выпечки $t_{\text{п}}$ должна быть равна 98 °С и $t_{\text{ц}}=160-170$ °С — для хлеба; для кекса соответственно 103—104 °С и 150—155 °С. Эти параметры оказались приемлемыми для выпечки продукции в солнечной печи.

Сравнивая выпечку хлеба и кекса традиционным радиационно-конвективным способом и с помощью солнечного обогрева, можно отметить интенсификацию процесса выпечки в солнечной печи на 25—30 %. При выпечке хлеба и кекса традиционным способом форма прогревается термонизлучением и конвекцией, а тесто — вследствие теплопроводности от нагретой формы и радиационно-конвективного нагрева верхней поверхности теста. В солнечной печи теплота форме и крышке передается только излучением, тесто нагревается в результате теплопроводности от формы и излучения от крышки. Таким образом, в солнечной печи за счет лучистой теплопередачи, которая в несколько раз интенсивнее конвективной, ускоряется прогрев формы, а следовательно, и тестовой заготовки.

Проведенная работа показала возможность выпечки хлеба и кекса хорошего качества экологически чистым способом с помощью солнечной энергии.