



El Rol de la Fermentación en la Producción de Galletas Tipo Soda¹

ING. RAFAEL VILLANUEVA FLORES

*L*as galletas, de cualquier tipo o marca, constituyen en estos momentos, un alimento complementario para la población.

El consumo de este alimento ha estimulado la producción industrial, encontrándose en el mercado que las galletas tipo Soda ocupan un gran rubro.

Para una buena calidad de estas galletas y que presenten una textura suave y escamosa, es importante la fermentación de la "esponja", siendo necesario para ello contar con levadura y bacterias para modificar las propiedades funcionales de la harina.

El lector descubrirá en el presente artículo, varios secretos sumamente interesantes, en la elaboración de las galletas de soda.

108

Las galletas del tipo soda y sus variantes conforman el rubro más importante de galletas puestas en el mercado por la Industria Galletera. Son productos fermentados a base de levadura, hechos con harina de trigo suave mediante el proceso esponja/masa, resultando un producto de textura suave y escamosa. Los cambios, que ocurren durante la fermen-

tación de la esponja afectan el sabor, la textura y la apariencia de la galleta. Más aún, la fermentación modifica el gluten y afecta la reología de la masa. Estos cambios y sus efectos en la calidad de la galleta son discutidos en el presente trabajo de investigación.

1. INTRODUCCION

La harina de trigo es el principal ingrediente de la galleta de soda, representando hasta el 80% del pro-

¹ Trabajo realizado como requerimiento del Curso Flour and Dough Testing, Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, Kansas, U.S.A.

ducto final. Sin embargo, debido a su naturaleza, no le trasmite un sabor distintivo (Matz, 1968). La harina para galletas posee, normalmente, menor contenido de proteína, menor absorción de agua, menor contenido de almidón dañado, granulometría más fina y mejores propiedades de suavizamiento del gluten que la harina para pan (proveniente de la molienda de trigos duros). Usualmente la harina utilizada en la esponja es más fuerte que la harina utilizada en la masa. La harina para la esponja proviene de la molienda de trigos rojos suaves o mezclas de trigos duros y suaves, mientras que para la masa se utiliza harina de trigos suaves blancos, rojos o mezclas de rojos-blancos. El contenido de proteína de las harinas para esponjas fluctúa entre 9-10% y para masas de 8-9% (Tanilli, 1976). Las harinas fuertes tienden a aumentar la capacidad de desarrollo (crecimiento, levantamiento) de la masa en el horno produciendo una galleta dura mientras que las harinas suaves poseen una menor capacidad de desarrollo pero producen una galleta más suave (Matz, 1968).

La manteca utilizada en la elaboración de galletas es usualmente de origen vegetal e hidrogenada. La manteca puede añadirse en la etapa de esponja o en la etapa de masa. Si es añadida en la esponja se consigue una distribución más uniforme de la grasa en la masa. Pizzinato y Hosene

(1980) reportaron que la presencia de manteca no tenía ningún efecto perjudicial aparente en la fermentación. Más aun, no altera las propiedades reológicas de la esponja. Esto significa que el momento en el cual se añade la manteca no es un factor crítico. La levadura en una masa de galletas leuda al producto, proporciona enzimas y bacterias para la fermentación y mejora el sabor (Faridi, 1980). La práctica comercial indica, que para obtener sabor adecuado, suavidad y un buen desarrollo de la galleta en el horno, el rango en la cantidad de levadura debe ser bastante alto (0,2-0,5%). De acuerdo a Micka (1955), para una fermentación uniforme y una galleta de buena calidad el nivel de levadura debe de ser mantenido por debajo de 0,5%.

El bicarbonato de sodio es añadido con la finalidad de neutralizar los ácidos desarrollados durante la fermentación y llevar al pH por encima de 7,0. Un pH adecuado es importante para el sabor y la textura de la galleta (Hosene, 1986). La sal controla la fermentación de la levadura, afecta el sabor y las propiedades de mezclado de la masa (Matz, 1968).

Es una práctica común añadir inóculo bacteriano a la esponja en la forma de esponja vieja (esponja base o esponja madre) con la finalidad de mantener consistencia en la fermentación, sabor y pH. A este inóculo se le denomina "buffer" en la Industria

TABLA I	
CARACTERISTICAS DE INSUMOS	
HARINA PARA ESPONJA	
Trigo	: Soft Red Winter
Humedad	: 14,1%
Proteínas	: 9,5% (14% hb)
Cenizas	: 0,42% (14% hb)
Almidón Dañado	: 5%
Falling number	: 420
Absorción	: 55%
Viscosidad	: 70 ^o M
HARINA PARA MASA	
Trigo	: Soft Red Winter
Humedad	: 14,2%
Proteínas	: 8,5% (14% hb)
Cenizas	: 0,42% (14% hb)
Almidón Dañado	: 4,5%
Falling number	: 422
Absorción	: 54%
Viscosidad	: 50 ^o M
LEVADURA	
Humedad	: 68%
Proteínas	: 52% (Base seca)
Cenizas	: 4,9% (Base seca)
MANTECA VEGETAL	
Punto de Fusión	: 39°C (Método capilar)
Consistencia	: 190 1/10 mm
SAL	
Humedad	: 0,1%
Pureza	: 99,95% de NaCl
BICARBONATO DE SODIO	
Humedad	: 30%
Pureza	: 99,98% de NaHCO ₃

galletera. La calidad de las galletas puede variar dependiendo de la actividad y de la cantidad del "buffer" utilizado (Hoseney, 1986).

La producción de galletas tipo soda comprende las siguientes etapas: preparación de la esponja, fermentación de la esponja, preparación de la masa, fermentación de la masa, laminado y corte de la masa y horneado de la galleta.

La fermentación de la esponja se realiza en ambientes controlados (27-29°C de temperatura y 75-80% de humedad relativa) por períodos que varían entre 18 y 20 horas. Durante la fermentación, el pH de la esponja cae de alrededor 6,0 a casi 4,0. El inóculo ayuda a esta caída en el pH.

Cuando se analiza por primera vez una fórmula de esponja de soda (como la de la Tabla II), mucha gente propone aumentar el nivel de levadura con la finalidad de reducir el tiempo de fermentación de la esponja. Ello, sin embargo, asume que la fermentación de la levadura constituye el evento importante de la fermentación de las galletas de soda, lo cual no es del todo correcto. Las levaduras están siempre contaminadas con bacterias, las cuales parece ser juegan un rol importante en los cambios que ocurren durante la fermentación (Hoseney, 1986). Sin embargo, la harina contiene una cantidad limitada de carbohidratos que pueden ser

utilizados ya sea por la levadura o por las bacterias. Consecuentemente, cuando preparamos una esponja, la levadura y las bacterias compiten por los fermentables. Utilizando un nivel adecuado de levadura y "buffer" (inóculo), le damos a las bacterias ventaja en dicha competencia. Si aumentamos la cantidad de levadura, entonces la levadura, entonces la levadura ganará la batalla por los fermentables.

Luego de la fermentación de la esponja los ingredientes de la masa son mezclados con la esponja. La mezcla debe de ser leve y por poco tiempo (3-7 minutos)(Pylar, 1988). La masa no debe ser desarrollada completamente, debido a que será desarrollada más adelante durante el laminado. Una vez mezclada la masa es dejada fermentar por 4 a 6 horas (Pylar, 1988). El propósito de ésta fermentación es el hidratar la harina añadida en esta etapa de masa (Rogers and Hoseney, 1989). Debido al pH alto, las bacterias no están activas. Ello nos lleva a pensar que la fermentación de la levadura es lo predominante.

Luego de la fermentación de la masa, ésta es laminada y cortada. Mediante un laminador mecánico la masa es formada en un paño continuo de 60 mm de espesor aproximadamente mediante una serie de rodillos. Luego de ello ésta lámina continua es plegada en 5 a 7 capas y

TABLA II
FORMULA TIPICA DE UNA GALLETA DE SODA

INGREDIENTE	ESPONJA (%)	MASA (%)
Harina de Trigo	70	30
Agua	25	----
Levadura	0,4	----
Manteca Vegetal	----	11
Sal	----	1,8
Bicarbonato de Sodio		0,65
PROCEDIMIENTO	ESPONJA	MASA
Tiempo de Mezcla Tiempo de Fermentación	2,5 min. a 27 rpm 18 horas a 28°C y 75% H.R.	5 min a 27 rpm 6 horas a 28°C y 75% H.R.

TABLA III
CARACTERISTICA DEL PROCESO
PROCESAMIENTO

Rodillos reductores : 3 pares
Laminador Vertical
Rodillos Calibradores : 3 pares
Cortador rotativo

PERFIL DE HORNEO (°C)

ZONA	1	2	3	4	5
Superior	300	290	280	280	260
Inferior	315	310	295	290	265

Sección de Pre calentamiento: 315
Tiempo de Horneo: 3 minutos
Horno a gas de fuego directo

¹ Ingredientes basados en el peso de la harina.

² Generalmente se agrega 0,5% de "buffer" para inocular el sistema.

reducida nuevamente a un espesor final de 1,6 mm (Loving and Brenneis, 1981). A continuación ésta lámina de masa es cortada y estampada siendo finalmente horneada. El tiempo de horneado es relativamente corto, usualmente 2,5-3,5 minutos. El calentamiento rápido vaporiza el agua mientras se encuentra aun en el interior de la masa haciendo que la galleta desarrolle en volumen (levantar). Un horneado lento llevaría únicamente a una pérdida de humedad en la superficie sin un desarrollo adecuado. Típicamente se utilizan hornos de banda continua de 100 metros de longitud por un metro de ancho. La temperatura de horneado es alrededor de 300°C al inicio y alrededor de 250°C al final. Las galletas ya horneadas son enfriadas cuidadosamente (lentamente) a fin de evitar rajaduras pequeñas que conducirían a su rotura durante el almacenamiento. El contenido de humedad final de la galleta está por debajo de 3%. Finalmente las galletas son empaquetadas con la finalidad de mantener éste bajo contenido de humedad, aspecto muy importante en la textura de la galleta.

2. MATERIALES Y METODOS

Las características de los insumos utilizados se muestran en la Tabla I. Los análisis fueron realizados siguiendo los Métodos Oficiales de la American Association of Cereal

Chemists (AACC, 1988) a excepción de pureza de sal y bicarbonato de sodio que fueron realizados de acuerdo al Food Chemicals Codex (1981). La fórmula de galletas de soda y el procedimiento de preparación se muestran en la Tabla II.

3. DISCUSION DE RESULTADOS

3.1 Cambios durante la fermentación de la Esponja pH y producción de Acido

La levadura y el inóculo bacterial son añadidos en la etapa de esponja. Como ya se mencionó, el inóculo bacterial es un trozo de masa vieja. Para la fermentación de la esponja el inóculo bacterial es más importante que la flora bacterial de la harina (Micka, 1955). Los productos generados en la fermentación de la esponja son dióxido de carbono, ácido láctico y ácido acético. Debido a la producción de ácido el pH del sistema se reduce y la cantidad de ácido total titulable aumenta. El pH de la esponja disminuye durante las primeras 10 horas de fermentación, luego de lo cual permanece relativamente constante alrededor de pH 4. Principalmente las bacterias son las responsables de la caída del pH. La levadura contribuye a la caída del pH, pero por sí sola no tiene mucho efecto.

Durante la fermentación el crecimiento bacterial es gobernado por la

cantidad de fermentación; la levadura actúa como un iniciador, asistiendo a la bacteria. Las bacterias productoras de ácido son responsables por el desarrollo de acidez. a niveles por debajo de 0,5% de levadura, las bacterias productoras de ácido son retardadas y las galletas no desarrollan normalmente durante el horneado. Ello resulta en un pH alto y en un sabor no deseado en las galletas.

Durante la fermentación bacteriana la cantidad de ácidos grasos libres (C2-C5) y sus sales aumenta. El aumento es mayor entre la quinta y la décima hora de fermentación. La producción de ácido láctico también aumenta con el aumento del tiempo de fermentación. Ello es debido al crecimiento continuo y a la actividad de la levadura.

Microflora

En ausencia de levadura el recuento de coliformes en la masa de galletas fue bajo y las bacterias proteolíticas y lácticas constituyen 5,4% y 27,2% del total de la población respectivamente. Cuando la levadura fue añadida el recuento de bacterias se redujo.

Para identificar la microflora en la esponja y en la masa de la galleta, se tomaron muestras de las mismas de dos plantas galleteras durante un período de seis meses. El recuento total en la esponja fue $4-49 \times 10^7$ /g, de

los cuales el recuento de levadura fue $1-15 \times 10^7$ /g de bacteria $1-12 \times 10^7$ /g. El recuento total en la masa fue $9-90 \times 10^7$ /g, de los cuales el recuento de levadura fue $1-12 \times 10^7$ /g. y de bacteria $9-80 \times 10^7$ /g. La variación en diez veces en el recuento bacteriano no afectó ni la calidad ni la producción de las galletas. Las bacterias aisladas fueron identificadas como gram-positivas, catalasa-negativas y bastones no-movibles. Las especies predominantes fueron *Lactobacillus plantarum*, pero también fueron halladas cantidades sustanciales de *Lactobacillus delbrückii* y *Lactobacillus leichmannii*.

Reología de Masa

La fermentación de la esponja afecta la reología de la esponja. Luego de la fermentación la resistencia de la esponja fue baja, resultando menos resistente a la extensión y menos extensible. En 1980, Pizzinato y Hosney atribuyeron dicho efecto de debilitamiento a la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación.

Los ácidos aumentan la viscosidad de las suspensiones de harina-agua, disminuyen la extensibilidad de la masa y presumiblemente, suavizan la masa de igual modo que la fermentación. Sin embargo, la disminución en pH aumenta la resistencia a la extensión y disminuye la extensibilidad de masas de harina de trigo (Barber et.al., 1982). Debido a que en las

esponjas de galletas tanto la resistencia a la extensión como la extensibilidad disminuyen han de existir otros factores, diferentes al desarrollo de ácidos, involucrados en el cambio en la reología de la esponja de la galleta. la estabilidad de la masa disminuyó y la suavidad aumento, cuando fueron añadidos ácidos a la masa. Sin embargo, conjuntamente con los ácidos aumentaron la estabilidad de la masa. Galal (1977) también reportó, que el pH tuvo un efecto mayor en las propiedades físicas de la masa que el ácido respectivo (el residuo anión).

Pizzinato y Hosoney (1980) estudiaron los cambios reológicos durante la fermentación de la esponja. Cuando no se utilizó levadura en la fermentación, la resistencia a la extensión fue mayor que en esponjas de galleta con contenido normal de levadura. Sin embargo, cuando una esponja, sin levadura fue reposada por 18 horas, la resistencia a la extensión disminuyó y la extensibilidad aumentó. Debido a que no se añadieron ni levadura ni bacteria a la esponja, el pH permaneció constante a pH 5,35 a través de este tiempo. Se presume, que los cambios fueron debidos a la acción enzimática de las enzimas naturalmente presentes en la harina. a pesar que los cambios reológicos en la esponja sin levadura fueron considerables, resultaron menores para cuando la levadura fue añadida a la esponja. Cuando el pH de la esponja fue ajustado a 4,15, la

masa sin fermentar tuvo propiedades reológicas más fuertes que las masas fermentadas normalmente por 18 horas a pH 4,15. Esto indica que también existen otros factores, diferentes al pH, responsables por los cambios en la reología de la esponja de las galletas.

Cuando los cambios reológicos fueron comparados con cambios en pH, se pudo observar, que muchos de los cambios ocurrieron a pH relativamente alto. La resistencia a la extensión fue similar en las masas hechas con o sin levadura. La extensibilidad aumentó en sistemas con levadura hasta las 3 horas de fermentación y disminuyó luego de ello. En contraste, en sistemas sin levadura, la extensibilidad aumentó hasta las 9 horas de fermentación. En 1985a. Doescher y Hosoney mostraron también, que las harinas suaves presentaban una disminución más rápida en la resistencia a la extensión que las harinas fuertes.

Doescher y Hosoney (1985b) reportaron que como resultado de la fermentación la viscosidad disminuyó en 6 de 8 harinas estudiadas. la disminución en la viscosidad puede ser el resultado de la acción de las enzimas proteolíticas. Sin embargo, la viscosidad aumentó en 2 de las 8 harinas, indicando que existen otros factores diferentes a la acción proteolítica envueltos en la fermentación de la esponja. Cuando el pH de

una esponja fue ajustado a 4,1 (cerca no al encontrado en sistemas con levadura) se observó una reducción en la viscosidad. Esto pudo haberse debido a la activación de las enzimas proteolíticas cerca a pH 4,1.

Durante la fermentación de la esponja de la galleta la actividad enzimática proteolítica fue relativamente alta inicialmente, disminuyendo luego de la décima hora de fermentación. Al mismo tiempo ocurrieron cambios físicos significativos en las propiedades de la masa, los cuales fueron causados probablemente por esta actividad. La actividad proteolítica en la esponja aumentó a medida que el pH fue reducido.

La actividad proteolítica aumenta en casi diez veces sobre 20 horas de fermentación. Añadiéndole soda disminuye la actividad proteolítica al nivel presente luego de cinco horas de fermentación. Luego de añadida la soda el metabolismo del microorganismo fue retardado, pero la actividad proteolítica continuo relativamente alto.

Fields et. al. reportaron en 1982, que la bacteria proteolítica aislada de la harina de trigo afectaba la reología de la masa a pH 5,32, pero sólo 24% de la bacteria proteolítica creció a pH 4,5 y nasa a pH 4,0. Este es el motivo por el cual concluyeron que las enzimas proteolíticas producidas por bacterias podrían tener únicamente

un efecto mínimo en la reología de la masa de las galletas.

Efectos reológicos similares a aquellos encontrados en presencia de bacterias fueron hallados en masas de galletas, en las cuales la actividad bacteriana fue prevenida mediante un pH bajo. Los cambios reológicos fueron atribuidos, presumiblemente, a la actividad de las enzimas naturalmente presentes en la harina (Fields et. al, 1982).

Cuando se estudiaron los cambios reológicos en una esponja de almidón-gluten, se observó que los cambios reológicos más amplios ocurrieron a pH bajo (3,8-4,1). Este rango es reportado como el óptimo para enzimas proteolíticas (Salgo 1981, ref. Wu y Hosenev, 1989). Cuando las enzimas proteolíticas fueron removidas de la harina de trigo, no ocurrieron cambios reológicos a pH 4,1 durante la fermentación de 18 horas, indicando que las enzimas de la harina son las responsables por los cambios en las propiedades reológicas en la esponja.

3.2 Relación entre Performance de Horneo y Reología de Esponja

Cuando las esponjas fueron preparadas sin levadura o inóculo bacteriano, las galletas resultantes tuvieron un desarrollo disperejo, descascamiento excesivo, laminación po-

bre, estructura celular pobre y textura débil. Cuando la levadura estuvo presente, la estructura celular fue más uniforme, a pesar que la altura de las mismas fue baja. Las galletas resultaron duras, pero no tanto como las hechas sin levadura.

Cuando las esponjas fueron preparadas con inóculo bacteriano pero sin levadura, la esponja fue más extensible mejorando sus propiedades de laminación. En las galletas utilizadas como control, se observó una rápida producción de gas durante las seis primeras horas de fermentación. Durante este tiempo el pH estuvo cerca a 5,5 pero disminuyó rápidamente luego de la sexta hora de fermentación. Esta producción de gas fue importante para la nucleación de burbujas, la producción de células más pequeñas y finas, mejor horneado y para proveer bacteria para la modificación de la harina.

Una fermentación larga es importante para producir una masa flexible y fácil de maquinar. Con una fermentación corta las galletas se quiebran fácilmente y desarrollan desigualmente. Mas aun, como el tiempo de fermentación aumenta las masas se vuelven más extensibles y la dimensión de la masa final plegada aumenta.

Se ha encontrado que el tiempo de fermentación de la esponja también es necesario para la modifica-

ción de la textura de la galleta. Una fermentación corta produce una galleta débil mientras una fermentación larga resulta en una galleta mejor. Se presume que con el aumento del tiempo de fermentación las partículas de harina se hidratan produciendo una matriz continua y por ende una mejor galleta.

4. CONCLUSIONES

La fermentación de la esponja es importante para la calidad de la galleta. Durante la fermentación de la esponja se producen ácidos y disminuye el pH. A un pH cercano a 4,1 las enzimas proteolíticas naturalmente presentes en la harina de trigo están activas y causan cambios en la reología de la esponja. Durante la fermentación de la esponja la extensibilidad y la resistencia a la extensión de la esponja disminuyen.

Tanto la levadura como las bacterias son necesarias para la fermentación de la esponja. La levadura afecta la producción de gas, lo cual es importante para que la galleta levante durante el horneado, mientras que las bacterias son necesarias para la modificación de la harina. Periodos largos de fermentación son necesarios para que las enzimas proteolíticas, naturalmente presentes en la harina, tengan suficiente tiempo para modificar las propiedades funcionales de la harina a fin de producir una masa

que sea maquinable y fácil de manejar durante el laminado. La fermentación de la esponja también es necesaria para conseguir una buena textura en la galleta.

5. REFERENCIAS

American Association of Cereal Chemists 1988. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Mn. Method 46-10, Crude Protein-Improved Kjeldahl Method; Method 08-01, Ash-Basic Method; Method 44-15A, Air Oven Methods; Method 76-30A, Damaged Starch; Method 56-81B, Falling Number Determination; Method 54-21, Farinograph Method for Flour; Method 54-10, Extensigraph Method, General; Method 56-80, Apparent Viscosity of Acidulated Flour-Water Suspensions-Wire Method; Method 58-14, Consistency-Penetration Method; 58-40, Melting Point-Capillary Method; Method 02-52, Hydrogen-Ion Activity (pH)-Electrometric Method, Method 42-10, Bacteria-Sampling Procedure; Method 42-50, Mold and Yeast Count.

Baber, S., Martínez-Anaya, M.A. and Gonzales-Caudeli, C. 1982. pH y propiedades funcionales de la masa panaria. *Rev. Agroquim. Tech. Aliment.* 22:575-588.

Bennett, R. and Ewart, J.A.D. 1962. The reaction of acids with dough protein. *J. Sci. Food Agric* 13:15-23.

Doescher, L.C. and Hosney, R.C. 1985a. Saltine crackers: changes in sponge rheology and modification of a cracker-baking procedure. *Cereal Chem.* 62:158-162.

Doescher, L.C. and Hosney, R.C. 1985b. Evaluation of commercial cracker flours by test baking and study of changes occurring during sponge fermentation. *J. Cereal Sci.* 3:261-270.

Faridi, H.A. and Johnson, J.A. 1978. Saltine cracker flavor. I. Changes in organic acids and soluble nitrogen constituents of cracker sponge and dough. *Cereal Chem.* 55:7-15.

Faridi, H. 1980. Short-time saltine cracker. *Baker Dig.* 54(3):16-21.

Fields, M.L., Hosney, R.C. and Varriano-Marston, E. 1982. Microbiology of cracker sponge fermentation. *Cereal Chem.* 59:23-26.

Food Chemicals Codex 1981. National Academy Press. Washington D.C.

Galal, A.M.S. 1977. Lactic and volatile organic acids of San Francisco sour dough french bread. Ph.D. Dissertation, Kansas State University. Manhattan, Kansas. 129 pp.

Hosney, R.C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. 327 pp.

Loving, H.J. and Brenneis, L.J. 1981. Soft wheat uses in the United States. Pages: 169-207 in: *Soft Wheat: Production, Breeding, Milling, and Uses.* Yamasaki, W.T. and Greenwood, C.T. (Eds). American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.

Matz, S.A. 1968. *Cookie and Cracker Technology.* AVI Publishing Co., Inc. Westport, CT. 320 pp.

Micka, J. 1955. Bacterial aspects of soda cracker fermentation. *Cereal Chem.* 32:125-131.

Pizzinato, a. and Hosney, R.C. 1980. Rheological changes in cracker sponges during fermentation. *Cereal*

-
- Chem. 57:185-188.
- Pylar, E.J. 1988. Baking science and technology. Sosland Publishing Company, Merriam, KS. 134 pp.
- Rogers, D.E. and Hosenev, R.C. 1989. Effects of fermentation in saline cracker production. *Cereal Chem.* 66:6-10
- Sugihara, T.F. 1978. Microbiology of the soda cracker process. I. Isolation and identification of microflora. *J.Fd. Protection* 41:977-979.
- Tanilli, V.H. 1976. Characteristics of wheat and flour for cookie and cracker production. *Cereal Foods World.* 21:624-625, 627-628, 644.
- Wu, J.Y. and Hosenev, R.C. 1989. Rheological changes in cracker sponges during 18 hour fermentation. *Cereal Chem.* 66:182-185.

