



Influencia de la Sustitución de Ingredientes en las Características Reológicas, Calóricas y Sensoriales en un Cake Tipo Magdalena

N. Coello, P. Castillo

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, 09-015863

Guayaquil, Ecuador

natasha_coello@hotmail.com, pcastil@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo estudia el efecto en las características reológicas, sensoriales y calóricas de un producto de pastelería: la magdalena, cuando se sustituye la harina de trigo y azúcar por almidón resistente y Rebaudiosido-A respectivamente.

Las pruebas experimentales realizadas permitieron el estudio y análisis del efecto de las sustituciones sobre las propiedades físicas de la magdalena, enfatizando sobre la viscosidad de la masa inicial y el volumen del producto final.

Estas pruebas con diferentes sustituciones consideraron además las propiedades sensoriales evaluando el sabor y la textura y actividad de agua como parte de la estabilidad del producto en el almacenamiento.

Se sustituyó 30% de la harina de trigo por almidón resistente, que brinda una excelente fuente de fibra funcional al producto final. El reemplazo del 50% de azúcar por Rebaudiosido-A, un edulcorante natural, logro reducir calorías, logrando un producto saludable.

La fórmula con la sustitución propuesta hace que el producto final, tenga variaciones que no representan diferencias significativas con respecto a la fórmula patrón al haber una diferencia en la media de aceptación de 1.83 a 2.17.

Palabras Claves: *Magdalenas, almidón resistente, Rebaudiosido-A, calorías, fibra funcional.*

Abstract

The present study examines the effect on the rheological, sensorial and caloric properties in a bakery product: the madeleine, when is substituted wheat flour and sugar for resistant starch and Rebaudioside-A, respectively.

The experimental tests allowed the study and analysis of the effect of substitutions on the physical properties of the madeleine, emphasizing on the viscosity of the initial dough and volume of the final product.

In these tests with different substitutions was also considered the sensorial properties evaluating the taste, and texture and water activity as part of product stability during storage.

Was substituted 30% of wheat flour by resistant starch, which provides an excellent source of functional fiber to the final product. The replacement of 50% of sugar by Rebaudioside-A, a natural sweetener, reduces the calories, achieving a healthy product.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



The formula with the proposed substitution makes the final product has variations which do not represent significant differences compared with the standard formula having a difference in the average acceptance of 1.83 to 2.17.

Key Words: *Madeleines, resistant starch, Rebaudioside-A, calories, functional fiber.*

Introducción

La tendencia actual impulsada por el mercado, propone desarrollar productos con reducción de calorías y fortificados como por ejemplo con fibra, haciéndolos saludables y funcionales, aportando al organismo funciones muy importantes para un buen desempeño del mismo.

Por esto el objetivo de esta tesis es elaborar un producto de pastelería, la magdalena, con sustitución de harina por almidón resistente, la cual es una fuente de fibra funcional, y sustitución de azúcar por Rebaudiósido-A para disminuir las calorías haciéndolo más saludable.

Pero así como se busca mejorar las características funcionales de los productos para hacerlos más saludables, esto significará cambios o efectos en las características físicas del producto como viscosidad, volumen, textura, etc. La vida útil también se verá afectada, ya que la materia prima en sustitución forma una parte importante en la estabilidad del producto en el almacenamiento.

1.- Generalidades

Rebaudiósido – A

Es un edulcorante de gran intensidad con aproximadamente de 350 a 450 veces más dulce que el azúcar llamado también Reb-A.[1]

Se encuentra en las hojas de la planta *Stevia Rebaudiana* que contiene una mezcla aproximada de ocho a diez glucósidos (entre los que se encuentran principalmente el esteviósido y el rebaudiósido-A), teniendo todos y cada uno de ellos una potencia edulcorante superior a la de la sacarosa. [2]

Ciertos investigadores identificaron que el Rebaudiósido-A es el de mejor sabor. Los otros glucósidos presentes en menor cantidad tienen un sabor amargo residual por incluir en su composición una sustancia con este sabor. [3]

El Reb-A es 100% natural y no tiene calorías. [4]

Los beneficios para la salud con respecto al uso de Reb-A son los siguientes:

- Disminuye considerablemente la presión arterial. [5]
- Reduce las concentraciones de glucosa en la sangre después de las comidas. [6]

- Disminución de las concentraciones séricas de colesterol total y de las lipoproteínas de baja densidad. [7]
- Mayor tolerancia a la glucosa y disminuye significativamente las concentraciones de glucosa en plasma. [8]

Almidón Resistente

El almidón resistente es considerado como la suma total de almidón y los productos de degradación del almidón que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado y pasan al intestino grueso donde experimentan una fermentación parcial o total.

Es por esto que debe considerarse como un componente en la clasificación de la fibra dietaria o alimentaria debido a su parecido comportamiento en el organismo.

El almidón resistente tiene su respectiva clasificación que se encuentra a continuación en la tabla 1:

Tipo de Almidón	Donde lo encontramos
RS1 - Almidón físicamente inaccesible a la digestión, debido a las paredes de las células intactas.	Granos parcialmente molidos, semillas y leguminosas.
RS2 – Gránulos de almidón nativo protegido de la digestión por la estructura del gránulo de almidón.	Bananos sin cocer y fécula de papa
RS3 – Almidón retrogradado, se forma cuando el almidón es calentado y posteriormente enfriado.	Papas cocinadas y enfriadas
RS4 – Almidón químicamente modificado, no se produce de forma natural sino que se creó para ser resistente a la digestión.	Ingrediente para alimentos procesados

Tabla1. Clasificación del Almidón Resistente

La fibra alimentaria no digerida ni absorbida se fermenta total o parcialmente y se descompone en diversos compuestos químicos como:

- Gases: hidrógeno, dióxido de carbono y metano.
- Ácidos grasos de cadena corta (SCFA): acetato, propionato y butirato.

Comparado con la fibra alimentaria, el almidón resistente produce mayor proporción de butirato.

El butirato regula la función del colón y produce el crecimiento celular intestinal, así como también suprime las células formadoras de tumores. Otros estudios revelan que el incremento de butirato en el intestino grueso esta asociado a una baja incidencia en cáncer de colon. [9]

El aumento de producción de SCFA bajan el pH del intestino creando un ambiente que previene el crecimiento de bacterias malas. Un bajo pH también ayuda en la absorción de minerales como calcio y magnesio.

El almidón resistente está siendo tomado en cuenta como una excelente forma para fortificar los alimentos con fibra.

Entre sus propiedades físicas se destaca:

- La capacidad de retener poca agua.
- Es estable a procesos intensos.
- Permite un buen manejo en el procesamiento.
- No altera o afecta el sabor ni textura de los productos como si lo hacen otras fibras insolubles.

2.- Metodología de Desarrollo del Producto.

2.1 Formulación Básica o Patrón

Se estableció los porcentajes de la materia para la formulación de la masa patrón y se observan en la tabla 2.

TABLA SIN SUSTITUCION DE INGREDIENTES	
Ingrediente	Porcentaje %
Harina	23.78
Polvo de Hornear	0.67
Azúcar	28.53
Leche	6.28
Aceite	3.23
Esencia de Vainilla	0.9
Huevos	36.61
TOTAL	100

Tabla 2. Porcentajes de la Materia Prima

2.2 Diseño Experimental

Los datos para la elaboración del diseño experimental se muestran en la tabla 3. El diseño experimental se realizó en el MINITAB.

	Variable de Resultado	Mejor Característica de Calidad
	Factores	
	Harina	Azúcar
Niveles	15%	50%
	30%	75%
Nivel de Confianza	$\alpha = 0.05$	95%
Repeticiones Experimentales		4

Tabla 3. Diseño Experimental

2.3 Análisis Físicos

Viscosidad

El rápido escape del aire en las masas de baja viscosidad puede resultar en una baja del volumen del producto final. Viscosidades altas ayudan a incorporar más aire en las masas y no permite que se escapen de la misma, dando una mayor estabilidad y volumen.

Se utilizó el análisis de viscosidad aparente con el método ASTM D 1092 utilizando el viscosímetro rotacional Brookfield RVT.

Volumen

Su objetivo es analizar el efecto de los cambios en la formulación o en el procedimiento de elaboración. Se aplicó el método de desplazamiento de volumen del producto horneado.

2.4 Análisis Sensoriales

Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos para analizar el sabor de las muestras. Las evaluaciones sensoriales se las llevó a cabo por niveles de agrado de 30 jueces no entrenados.

Para realizar el análisis se procedió a evaluarlas con análisis de varianza con un grado de confianza del 95%.

2.5 Cálculo de Calorías

Los cálculos se basaron en el Nutrient Data Lab de la United States Department of Agriculture (USDA).

2.6 Estabilidad del Producto

Textura

Muchos factores influyen en el endurecimiento, incluyendo a la pérdida de humedad y la retrogradación del almidón. Sin embargo, la retrogradación del almidón, que es la reformación de los gránulos de almidón en forma ordenada y en estado cristalino, es tal vez el primer cambio físico relacionado con el endurecimiento en los productos de panificación. [10]

Para realizar los análisis de textura se utilizó el CT3 Texture Analyzer de Brookfield. Los parámetros utilizados en el análisis de las muestras fueron las siguientes:

Tipo de Test: Compresión
 Tipo de Objetivo: Distancia
 Valor Meta: 20 mm
 Carga de Activación: 0.5 g

Actividad de Agua (a_w)

La a_w es la cantidad de agua que no está ligada a las moléculas de los alimentos y esta disponible para ser usada en la reproducción de microorganismos, en reacciones enzimáticas, entre otras, es decir, se refiere a la cantidad de agua disponible y no ligada en los alimentos.

Se utilizó el método espejo enfriado hasta el punto de rocío (Chilled Mirror Dewpoint) utilizando el equipo AquaLab Series 3.

3. Análisis de Resultados

3.1 Análisis del Diseño Experimental

En el diseño experimental 2^f para determinar si la sustitución de harina y azúcar ejercían diferencias significativas en el producto se obtuvo los siguientes resultados de las tablas 4 y 5.

Factores	Valores P
AR (almidón resistente)	0.002
Reb-A (rebaudiosido – A)	0.000
AR*Reb-A (interacción de los 2)	0.300

Tabla 4. Valores P para evaluar Volumen

Con los resultados anteriores se observa que los valores de P en AR y Reb-A son menores a α , por lo tanto se rechaza. Esto quiere decir, que el AR y el

Reb-A tienen efecto cada uno por separado en el volumen.

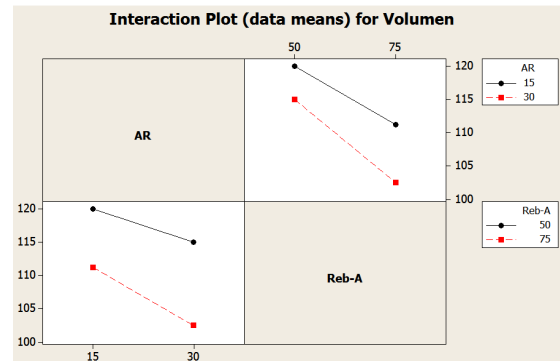


Figura 1. Mejor Combinación de Volumen

En la figura 1 se puede apreciar que la mejor característica en volumen se obtiene cuando se sustituye 15 y 30% de harina y 50% de azúcar.

A continuación se procedió a evaluar el sabor como característica de calidad y se obtuvo los siguientes resultados.

Factores	Valores P
AR (almidón resistente)	1.000
Reb-A (rebaudiosido – A)	0.016
AR*Reb-A (interacción de los 2)	0.584

Tabla 5. Valores P para evaluar Sabor.

Con los resultados anteriores se puede decir que el valor de P en Reb-A es menor a α , por lo tanto se rechaza. El Reb-A tiene efecto sobre el sabor.

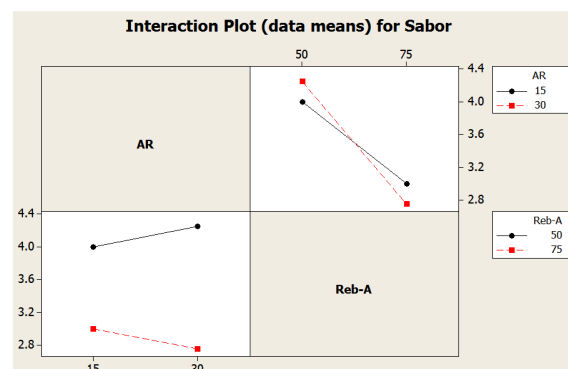


Figura 2. Mejor Combinación de Sabor

En el gráfico 2 se puede observar que la mejor característica de calidad con respecto al sabor se obtiene cuando se sustituye 15 y 30% de harina y 50% de azúcar.

Por lo tanto se estableció que se utilizaría 50% de sustitución de azúcar por Reb-A y 30% de sustitución

de harina por AR, porque aún cuando el 15% de sustitución de harina afectaría mucho menos en el volumen del producto, la sustitución del 30% no disminuye en gran cantidad tanto la característica de volumen como de sabor y además al reemplazar mayor cantidad de harina se logra una mayor disminución de calorías.

3.2 Análisis del Efecto de la Sustitución de Harina y Azúcar

Viscosidad

La viscosidad de la masa inicial disminuyó de 7200 ± 3.5 cP a 5520 ± 1.3 cP.

La sustitución afecta en la viscosidad de la masa del producto final haciéndola más ligera con respecto a la masa del producto patrón.

Según el análisis de varianza con la prueba de Fisher, se obtuvo que el intervalo de confianza entre la muestra patrón y la muestra con sustitución final no incluye al 0, esto indica que entre ellas hay diferencias significativas según las mediciones de viscosidad de las masas.

Volumen

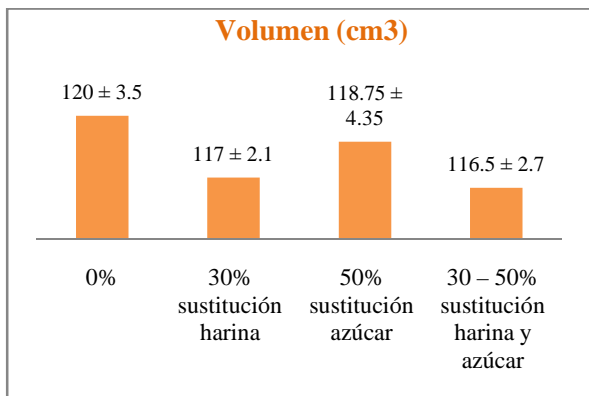


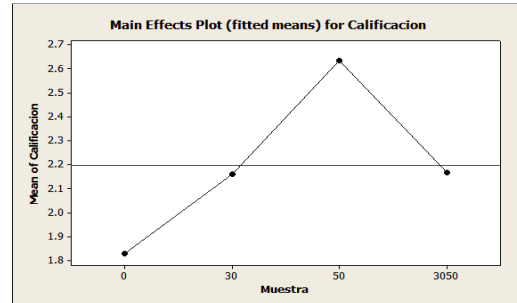
Figura 3. Disminución del Volumen

Hubo una disminución del 3% del volumen del producto 0% con respecto al producto 30 – 50% sustitución harina y azúcar como se puede apreciar en la figura 3.

Esta disminución en el volumen se refuerza debido a la teoría de que cuando la viscosidad de una masa disminuye permite un mayor escape del gas producido por la levadura química, lo que significa un menor elevamiento del producto.

Sabor (Media de Aceptación)

Se evaluó la media de aceptación por parte de los jueces y se obtuvieron los siguientes resultados.



- ✘ 0% → 1.83
- ✘ 30% harina → 2.16
- ✘ 50% azúcar → 2.63
- ✘ 30 – 50% → 2.17

En donde 1 es me gusta mucho y 5 me disgusta mucho.

Analizando el intervalo de confianza entre las distintas muestras se obtuvo que no existen diferencias significativas entre la muestra patrón y las muestras 30% y 30-50%.

Esto quiere decir que los jueces no percibieron diferencias entre el producto patrón y el producto final (30-50%).

Análisis de Calorías

El producto patrón obtuvo 110 kcal por porción de 35 gramos y el producto final obtuvo 72 kcal por porción de 35 gramos.

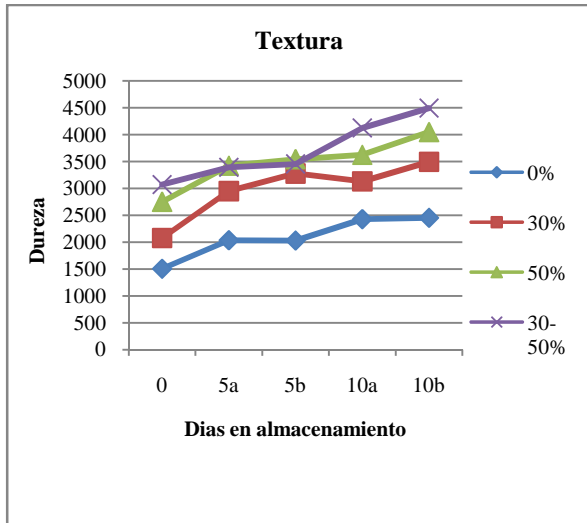
Con lo que se obtuvo una disminución de 38 calorías por porción y el producto puede ser etiquetado como reducido en calorías.

Así mismo se logró una fortificación con fibra del producto al obtener 7 gramos por porción.

3.3 Estabilidad del Producto

Textura

Para comprobar la retrogradación del almidón y por lo tanto la pérdida de calidad y estabilidad del producto, se procede a analizar las pruebas de textura.

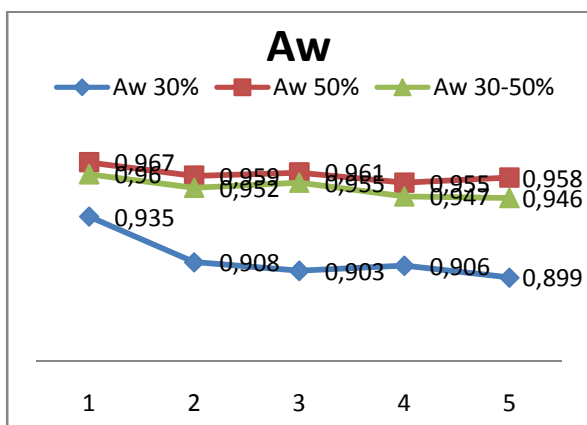


Como se observa en el gráfico existe un aumento en la dureza del producto entre las distintas sustituciones y a medida que pasan los días en el almacenamiento.

Esto confirma el fenómeno de la retrogradación del almidón y la reaparición de los cristales de almidón altera al producto haciéndolo más duro, así mismo la baja capacidad de retención de agua del almidón resistente contribuye a una mayor pérdida de humedad en el producto lo que favorece al endurecimiento.

El análisis de varianza con la prueba de Fisher demuestra que existen diferencias significativas en la textura entre el patrón y las distintas muestras a través de los días.

Actividad de Agua



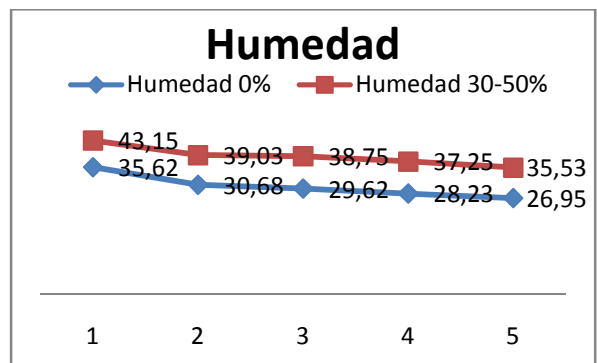
Las a_w de las pruebas con las diferentes sustituciones aumentaron y esto indica mayor vulnerabilidad en la estabilidad del alimento al existir más agua disponible para reacciones de deterioro.

Este aumento en la actividad de agua se debe a la baja capacidad de retención de agua que tiene el almidón resistente y la disminución de azúcar que ayuda a captar parte del agua presente en el producto.

La a_w afecta en ciertas propiedades texturales en los alimentos, a medida que la a_w es reducida, atributos indeseables aparecen como dureza, resequedad, “viejo”, etc., por lo tanto, la disminución en la a_w refuerza la teoría del endurecimiento del producto en el almacenamiento.

El análisis de varianza con la prueba de Fisher de la a_w demuestra que el intervalo de confianza no incluye a 0 por lo tanto, existen diferencias significativas en la a_w entre las muestras.

Humedad



Aunque la humedad no es un parámetro que sirva para determinar el deterioro en los alimentos, es un parámetro que nos ayuda a confirmar la teoría que cuando la hay pérdida de humedad en los productos estos se endurecen.

Como se aprecia en el gráfico, las humedades tanto del producto patrón como el producto final disminuyen con el paso de los días, por lo tanto se confirma que pérdidas de agua en los alimentos producen su endurecimiento.

El intervalo de confianza entre la muestra patrón con respecto al producto final no incluye al 0, lo que indica que existen diferencias significativas en la humedad de las muestras a través del paso de los días.

Examen Visual

Además para constatar y apoyar los resultados de las a_w se procedió mediante un examen visual observar las primeras señales de deterioro.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Muestras	Vida Útil en días
0%	5
30% AR - 0%	5
0% - 50% Reb-A	4
30% AR - 50% Reb-A	3

La muestra con sustitución final muestra menor estabilidad en el almacenamiento teniendo una vida útil de 3 días a diferencia del patrón que dura 5 días. Esto se debe a la alta a_w del producto lo que la hace más vulnerable al deterioro.

4.- Conclusiones y Recomendaciones

1. Se seleccionó la combinación de sustitución de 30% de harina y 50% de azúcar. Según el diseño experimental al 30% de sustitución de harina, no se ve afectada de gran manera el volumen del producto en comparación con el 15% de sustitución. Con respecto al 50% de sustitución de azúcar se escogió porque presentaba mejor sabor y se podría lograr una gran disminución de calorías.
2. La textura del producto final fue afectada debido a la retrogradación del almidón ya que se produce la recristalización de los gránulos de almidón conllevando al endurecimiento del producto en el almacenamiento. Así mismo, la baja capacidad de retención de agua del almidón resistente y la disminución de captación de agua debido a la sustitución de azúcar produce que haya mayor pérdida de humedad en el producto lo que significa una contribución al endurecimiento del producto.
3. La viscosidad, textura, a_w y humedad presentan diferencias significativas entre las muestras, lo que significa que las sustituciones de materia prima han producido cambios en estas características. Estos cambios podrían presentar ciertas desventajas como mayor vulnerabilidad y/o endurecimiento del producto en el almacenamiento.
4. El volumen también se vio afectado y disminuyó debido a la sustitución de materia prima, sin embargo, según el análisis de varianza los jueces no percibieron diferencias significativas entre el producto final, con una media de aceptación de 2.17, y el producto patrón con una media de aceptación de 1.83.

5. Agradecimientos

A Dios por la salud, vida y sabiduría para realizar este trabajo; a mis padres y hermano, por su ayuda, apoyo, fortaleza y cariño; y a todas las personas que me ayudaron de una u otra manera para culminar mi trabajo.

6. Referencias

- [1] ESTEVIÓSIDO Y LOS DEMÁS EDULCORANTES
<http://www.monografias.com/trabajos13/estevios/estevios.shtml>
- [2] COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA STEVIA
<http://forum.agriscape.com/es/azucar/?read=11797>
- [3] KOHDA, H., New Sweet Diterpene Glucosides from Stevia Rebaudiana Bert. 1976.
- [4] STEVIA Y REBAUDIOSIDE A
<http://www.caloriecontrol.org/sweeteners-and-lite/sugar-substitutes/stevia>
- [5] CHAN, P., TOMLINSON, B., CHEN, Y., LIU, J., HSIEH, M., CHENG, J., A Double-blind Placebo-controlled Study of the Effectiveness and Tolerability of Oral Stevioside in Human Hypertension, 2000.
- [6] GREGERSEN, S., JEPPESEN, P.B., HOLST, J.J., HERMANSEN, K., Antihyperglycemic Effects of Stevioside in Type 2 Diabetic Subjects Metabolism, 2004.
- [7] ANONYMOUS, Evaluation of the Ingestion of Stevioside, orally, in humans through a randomized clinical study of the type blind double. Campinas, Brazil, 2004.
- [8] CURI, R., ALVAREZ, M., BAZOTTE, R.B., BOTTON, L.M., GODOY, J.L., BRACHT, A., Effect of Stevia Rebaudiana on glucose tolerance in normal adult humans, 1986.
- [9] WHAT IS RESISTANT STARCH, AND WHAT CAN IT DO FOR ME
<http://lowcarbdiets.about.com/od/nutrition/a/resistantstarch.htm>
- [10] CAUVAIN, S.P., Improving the control of staling in frozen bakery products. 1998