

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Dulzor relativo del xilitol con respecto a la sacarosa en disolución pura y binaria”

Proyecto de graduación para optar al grado de
Licenciatura en Tecnología de Alimentos


Ivannia García Garro

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2007

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar al grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.

Ivannia García Garro



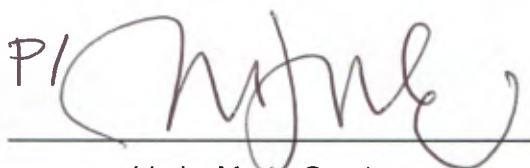
Dra. María Lourdes Pineda Castro
Presidenta del Tribunal



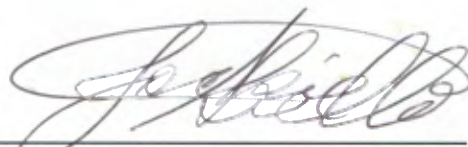
M.Sc. Alicia Hernández Peñaranda
Directora del proyecto



Ph.D. Elba Cubero Castillo
Asesora del proyecto



Licda. Marta Gamboa
Asesora del proyecto



M.Sc. Jacqueline Aiello Ramírez
Profesora Designada

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo y comprensión
que me han brindado para poder cumplir mis metas

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento es para Dios ya que gracias a Él he encontrado la fuerza necesaria para superar muchos obstáculos que se han presentado y cumplir con las metas que me he propuesto en la vida.

A mi familia por estar siempre a mi lado y brindarme todo su amor y ayuda en los momentos que los he necesitado.

Agradezco a Elba Cubero ya que ella ha sido una constante fuente de motivación y apoyo personal a lo largo de todo el proyecto, y que gracias a su paciencia y disposición he logrado realizar los objetivos planteados.

De igual manera, agradezco a Alicia Hernández por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, por el tiempo invertido y por su comprensión y apoyo brindados.

A la Escuela de Tecnología de Alimentos por facilitarme el laboratorio de Análisis Sensorial junto con todo su equipo y materiales, infinitas gracias a los profesores y personal administrativo que laboran en ella y que día a día colaboraron con todos los paneles, así como también lo hicieron los estudiantes del CIGRAS.

A Cindy, Nelly y todas mis amistadas cercanas que siempre han sido un apoyo invaluable y fundamental en mi vida y que además me ayudaron incondicionalmente con todos los trámites de esta tesis.

Por último agradezco al CIPRONA por el financiamiento otorgado, mediante el proyecto inscrito en la Vicerrectoría de Investigaciones con el nombre de “Producción biotecnológica del xilitol a nivel de laboratorio” No. 809-A3-072.

ÍNDICE GENERAL

Hoja de aprobación del tribunal examinador.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice general.....	iv
Índice cuadros.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Resumen.....	viii
1. JUSTIFICACIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 Sacarosa.....	5
3.2 Azúcares de alcohol.....	7
3.3 Xilitol.....	10
3.3.1 Características físicas y fisiológicas del xilitol.....	10
3.3.2 Propiedades Tecnológicas.....	11
3.3.2.1 Valor energético.....	12
3.3.2.2 Relación con índices glicémicos e insulina.....	14
3.3.2.3 Reacciones de oscurecimiento.....	16
3.3.2.4 Efecto no-cariogénico.....	17
3.3.2.5 Poder endulzante.....	17
3.3.2.6 Efecto refrescante.....	18
3.3.2.7 Solubilidad.....	19
3.3.2.8 Tolerancia del xilitol.....	20
3.3.3 Producción del xilitol.....	21
3.3.3.1 Producción química.....	22
3.3.3.2 Producción biotecnológica.....	24
3.3.3.3 Producción a partir de fuentes naturales.....	24
3.4 Evaluación Sensorial.....	25
3.4.1 Enmascaramiento del sabor.....	26
3.4.2 Evaluación del sabor.....	26
3.5 Métodos sensoriales.....	29
3.5.1 Método de estímulo constante.....	30
3.5.1.2 Método de comparación pareada.....	32
3.5.2 Prueba de preferencia.....	33

4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
4.1 Ubicación del proyecto.....	35
4.2 Materiales de trabajo.....	36
4.2.1 Sustancias utilizadas.....	36
4.2.2 Equipo utilizado.....	36
4.3 Metodología.....	37
4.3.1 Escogencia del panel.....	37
4.3.2 Preparación de muestras.....	38
4.3.3 Presentación de las muestras.....	39
4.3.4. Pruebas preliminares.....	41
4.3.5 Pruebas definitivas.....	41
4.3.5.1 Dulzor equivalente en disoluciones puras.....	42
4.3.5.2 Dulzor equivalente en disoluciones ácidas.....	43
4.3.5.3 Dulzor equivalente en disoluciones de amargo y dulce....	44
4.3.5.4 Prueba de aceptación	46
4.3.6 Análisis Estadístico.....	48
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
5.1 Dulzor equivalente.....	49
5.2 Dulzor equivalente en disoluciones puras.....	49
5.3 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas ácidas.....	53
5.3.1 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas a una baja concentración ácida.....	54
5.3.2 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas a una alta concentración ácida.....	58
5.4 Dulzor equivalente en disoluciones binarias en mezclas de amargo y dulce.....	61
5.4.1 Dulzor equivalente de xilitol en disoluciones binarias con una baja concentración de amargo.....	61
5.4.2 Dulzor equivalente de xilitol en disoluciones binarias con una alta concentración de amargo.....	65
5.5 Prueba de preferencia.....	68
5.5.1 Prueba de preferencia en una limonada.....	68
5.5.2 Prueba de preferencia para té.....	69
6. CONCLUSIONES.....	71
7. RECOMENDACIONES.....	73
8. BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los carbohidratos mayoritarios en los alimentos.....	8
Cuadro 2. Atributos fisiológicos de los polialcoholes.....	9
Cuadro 3. Valores energéticos de los polialcoholes	13
Cuadro 4. Interpretación química del sabor.....	27
Cuadro 5. Umbrales para los cuatro gustos básicos.....	30
Cuadro 6. Sustancias utilizadas en la preparación de las disoluciones modelo.....	36
Cuadro 7. Equipo utilizado en la elaboración de disoluciones modelo.....	37
Cuadro 8. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones puras.....	42
Cuadro 9. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones ácidas en concentración baja.....	43
Cuadro 10. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones ácidas en concentración alta.....	44
Cuadro 11. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones amargas en concentración baja.....	45
Cuadro 12. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones amargas en concentración altas.....	46
Cuadro 13. Valores obtenidos con la prueba chi-cuadrado al analizar un refresco de limonada.....	68
Cuadro 14. Valores obtenidos con la prueba chi-cuadrado al analizar té.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula química de la sacarosa.....	6
Figura 2. Representación del xilitol.....	10
Figura 3. Necesidad de insulina a través del tiempo para xilitol y glucosa.....	15
Figura 4. Poder endulzante de los polialcoholes.....	18
Figura 5. Valores de entalpía de los polialcoholes	19
Figura 6. Comparación de solubilidad de diferentes azúcares.....	20
Figura 7. Esquema de la producción del xilitol a nivel industrial	23
Figura 8. Representación gráfica de la función psicométrica utilizada en análisis sensoriales.....	31
Figura 9. Cubículos donde se realizaron las pruebas sensoriales.....	35
Figura 10. Panelista en cubículo individual	35
Figura 11. Presentación de las muestras para una prueba de estímulo constante.....	40
Figura 12. Acceso de las muestras al área de evaluación	40
Figura 13. Presentación de las muestras para la prueba de preferencia.....	47
Figura 14. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa.....	50
Figura 15. Equidulzor de xilitol contra 7% de sacarosa.....	51
Figura 16. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa.....	52
Figura 17. Equidulzor de xilitol contra 13% de sacarosa.....	53
Figura 18. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa a una concentración baja de ácido (0,0015M).....	55
Figura 19. Equidulzor de xilitol contra 7% de sacarosa a una concentración baja de ácido (0,0015M).....	55
Figura 20. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa a una concentración baja de ácido (0,0015M).....	56
Figura 21. Equidulzor de xilitol contra 13 de sacarosa a una concentración baja de ácido (0,0015M).....	57
Figura 22. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa a una concentración alta de ácido (0,010M).....	58
Figura 23. Equidulzor de xilitol contra 7% de sacarosa a una concentración alta de ácido (0,010M).....	59
Figura 24. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa a una concentración alta de ácido (0,010M).....	60
Figura 25. Equidulzor de xilitol contra 13% de sacarosa a una concentración alta de ácido (0,010M).....	60
Figura 26. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa a una concentración baja de amargo (0,05g/L).....	62
Figura 27. Equidulzor de xilitol contra 7% de sacarosa a una concentración baja de amargo (0,05g/L).....	63
Figura 28. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa a una concentración baja de amargo (0,05g/L).....	63

Figura 29. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa a una concentración baja de amargo (0,05g/L).....	64
Figura 30. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa a una concentración alta de amargo (1,0g/L).....	66
Figura 31. Equidulzor de xilitol contra 7% de sacarosa a una concentración alta de amargo (1,0g/L).....	66
Figura 32. Equidulzor de xilitol contra 11% de sacarosa a una concentración alta de amargo (1,0g/L).....	65
Figura 33. Equidulzor de xilitol contra 13% de sacarosa a una concentración alta de amargo (1,0g/L).....	65

RESUMEN

El xilitol es un alcohol de azúcar que posee características físicas muy similares a la sacarosa; varios autores afirman se cree que presentan un nivel de dulzor similar y en cuanto a su sabor se diferencian en el agradable efecto refrescante producido por el xilitol. El objetivo de la investigación fue comparar el dulzor relativo del xilitol en comparación con la sacarosa en disoluciones modelo puras y binarias (ácidas y amargas).

Se utilizaron como matrices disoluciones puras de sacarosa y de xilitol, disoluciones binarias de los azúcares con ácido cítrico y cafeína, a alta y baja concentración, y bebidas endulzadas con xilitol y sacarosa. En el caso del ácido cítrico se utilizaron concentraciones de 0,0015 M y 0,01M y para las disoluciones con cafeína 0,05 y 1,0 g/L.

Las disoluciones se prepararon frescas cada día mezclando cantidades exactas de las muestras a evaluar para poder obtener las siguientes concentraciones: 4, 7, 11 y 13%. Las series de concentraciones de xilitol se determinaron en pruebas preliminares. Las series eran de 6 de concentraciones de xilitol para cada concentración de sacarosa.

El análisis sensorial se realizó por medio de paneles, de 25 personas cada uno, utilizando el método de estímulo constante con una comparación pareada donde se presentó una muestra con sacarosa y la otra con xilitol. También se efectuó una prueba de preferencia compuesta por 100 panelistas consumidores de té negro, marca Lipton®, y de limonada.

Durante las pruebas se mantuvieron todas las variables constantes para así poder obtener resultados que reflejaran únicamente el efecto de la característica analizada ya fuera de dulzor o preferencia entre las muestras.

Al realizarse las pruebas de comparación pareada se encontró que se requirió una mayor concentración de xilitol que de sacarosa para alcanzar un mismo nivel de dulzor en las disoluciones puras.

Para las muestras binarias con ácido cítrico, a baja concentración se presentó el mismo efecto anterior, con la salvedad, de que los valores para el xilitol fueron más elevados que para las disoluciones puras. En el caso de las muestras amargas el dulzor no fue afectado por la adición de la cafeína.

Al evaluar la preferencia del consumidor, se obtuvieron diferencias, entre las dos bebidas prefiriéndose los productos endulzados con xilitol.

Con los resultados obtenidos se pretende ampliar la información acerca de los sustitutos del azúcar, como lo es el xilitol, sus características, aceptación e interacciones en diferentes productos, recomendando que se evalúen las intensidades de acidez y amargor en las mezclas para determinar así los grados de enmascaramiento que puedan ocurrir.

1. JUSTIFICACIÓN

De todas las sustancias orgánicas existentes en la tierra, los carbohidratos son, no solo, los más ampliamente distribuidos, sino también los que se presentan en mayor cantidad. Pertenecen al grupo de los nutrientes básicos, que siempre tendrán una importancia decisiva en el conjunto de la alimentación. Cumplen toda una serie de funciones relevantes en los alimentos, tales como edulcorantes, gelificantes, espesantes, estabilizadores y precursores de compuestos con aroma o color, que se forman en los alimentos a partir de ellos por medio de una serie de reacciones (Belitz & Grosh, 1997).

La función principal de los carbohidratos, entre ellos la sacarosa, es ayudar en la generación de energía que el cuerpo humano necesita para que funcionen los diferentes órganos (Wolever, 1997). Es un producto sano y natural que ayuda para el funcionamiento del cerebro y de los músculos, además de aportar un sabor dulce a los alimentos.

Según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una dieta es equilibrada si, como mínimo, el 55% de la energía total procede de los carbohidratos obtenidos de distintos alimentos (FAO/WHO, 2003). Estos nutrientes abundan en los cereales (arroz, trigo) y derivados (pasta, pan, galletas), legumbres, papas, frutas, verduras y alimentos dulces (azúcar, miel, mermelada, etc.) (Fundación Eroski, 2004).

Muchos de los carbohidratos de la dieta, principalmente consistiendo en azúcares y almidones, aportan un contenido calórico de 4 calorías por gramo. Sin embargo, otros carbohidratos, como la fibra dietética y los azúcares de alcohol, contribuyen significativamente con menos calorías. Estos últimos son parcialmente absorbidos y digeridos en el intestino delgado y por lo tanto no implican una cantidad significativa de energía (FDA, 2004).

Debido a su gran demanda, el mercado actual ofrece una amplia variedad de este tipo de edulcorantes, lo que propicia el desarrollo de nuevos productos alimenticios. A partir de las mezclas de estos edulcorantes en diversos alimentos y bebidas, las cuales actúan sinérgicamente, se ha logrado producir el nivel de dulzor deseado, con cantidades menores de cada uno y a la vez se obtiene un sabor que a menudo satisface mejor las expectativas de dulzura del consumidor, ya que se parece más al azúcar.

Dentro de los edulcorantes de bajas calorías se tienen los azúcares del alcohol (o polioles) tales como el sorbitol, manitol, xilitol, maltitol e isomaltol, que proporcionan el sabor azucarado a muchos dulces, galletas y gomas de mascar y no afectan los niveles de azúcar en la sangre (Harris, 2003).

Entre estos polioles se encuentra el xilitol, el cual se conoce desde hace más de 90 años y ha sido utilizado durante mucho tiempo como endulzante para diabéticos en diversos países de Europa y Asia. Pocas sustancias han sido investigadas tan profundamente como esta en cuanto a la seguridad para su consumo por el hombre (Mäkinen, 1978).

Hoy en día, el xilitol es aceptado como un ingrediente/aditivo dietético en 28 países así como también por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y por la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS). Es una de las más valiosas alternativas en cuanto a sustitutos naturales del azúcar; también es producido por el cuerpo humano en pequeñas cantidades como un intermediario metabólico y su propiedad de no ser fermentable lo convierte en una importante herramienta de prevención de caries (Asociación Argentina de dietistas y nutricionistas dietistas, 2005).

El xilitol es un poliol que se presenta de manera natural y que proporciona el 100% de la dulzura del azúcar con un 40% menos calorías (Corn products Inc., 2005), lo que representa un aporte calórico de 2,4 calorías por gramo (FDA, 2004).

Debido a todas las ventajas que ofrece este edulcorante, se considera que es una de las más valiosas alternativas en cuanto a sustitutos naturales del azúcar, por lo que su estudio se considera de vital importancia para la industria de alimentos en aspectos como su relación de dulzor con respecto a la sacarosa, su aceptación por parte del consumidor, y su comportamiento en mezclas binarias.

El dulzor relativo de un compuesto dulce es considerado como la relación de las concentraciones necesarias para evocar la misma percepción de dulzor, por lo tanto, este dulzor relativo es dependiente de las concentraciones, en donde la sacarosa ha sido mayoritariamente usada como referencia.

Es importante que la igualdad subjetiva del dulzor de la sacarosa con respecto al edulcorante estudiado se haga para concentraciones que contienen por lo general los alimentos, entre un 5% y un 10%. Por ejemplo, se han encontrado los valores de dulzor relativo de algunos edulcorantes con respecto a la sacarosa en jugos como el de toronja

marca Florida's Natural el cual contiene un 10% de azúcar o los jugos de manzana Parmalat con un 12.2% (Procuraduría Federal del Consumidor, 2002).

Según estudios anteriores, cuando el xilitol se presenta en una concentración del 10%, su poder edulcorante es igual al de la sacarosa, a una concentración mayor al 10% es más dulce y a una concentración menor al 10% es menos dulce (Emodi, 1978).

Se encontró que el dulzor del xilitol aumenta con la concentración y que se reduce ligeramente en disoluciones ácidas (Hyvönen et al., 1982).

De acuerdo a Hyvönen et al. (1978) existen pruebas con xilitol-sacarina en los cuales se encontró que el dulzor de esta mezcla era mayor en café en comparación con su dulzor en disoluciones puras en agua.

Por lo cual se considera de suma importancia evaluar su comportamiento en mezclas para determinar si ocurre algún enmascaramiento de sabores o si su dulzor se altera, ya que no es lo mismo hacer pruebas en disoluciones puras que en alimentos donde habrán otros compuestos que interfieran, como puede ser la cafeína o algunos ácidos.

Con este estudio se pretende analizar las propiedades sensoriales del xilitol y su interacción entre el dulzor y los sabores amargos y ácidos para poder ser utilizado en productos alimenticios con estas características. A la vez se va evaluar su relación con respecto a la sacarosa dado que se ve la necesidad de encontrar sustitutos de ésta, la cual es utilizada en la mayoría de los productos consumidos, por otros edulcorantes que proporcionen un dulzor similar pero con menos calorías y sin variar las propiedades sensoriales del alimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar las propiedades sensoriales del xilitol comercial en comparación con la sacarosa así como su efecto edulcorante en mezclas binarias, utilizando el método de estímulo constante.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar el dulzor relativo del xilitol comercial con respecto a la sacarosa a diferentes concentraciones.
- Evaluar el efecto de disoluciones binarias (sabor ácido y sabor amargo) sobre el dulzor relativo del xilitol con respecto a la sacarosa en las mismas disoluciones.
- Determinar si el consumidor percibe diferencias y si existe preferencia entre el xilitol y la sacarosa en diferentes productos.

3. MARCO TEÓRICO

No es fácil hallar una persona a la que no le gusten los sabores dulces. De hecho, se considera que la preferencia humana por los dulces es una adaptación básica de sobrevivencia. Cuando a los bebés se les hace probar distintos sabores básicos como, por ejemplo, dulce, salado, ácido o amargo, siempre optan por lo dulce (Steiner, 1977).

Debido a la importancia de los azúcares en los alimentos y a su rol en la aceptación de estos, su dulzor relativo ha sido de gran interés para psicólogos y tecnólogos de alimentos a través de los años. El uso de diferentes azúcares y sus mezclas ha complicado más el panorama ya que estos contribuyen con el dulzor de los alimentos y también proporcionan características funcionales únicas tales como coloración y textura, de ahí que el reemplazo de un azúcar por otro podría ser o no satisfactorio. Los azúcares difieren en el dulzor pero también en sus propiedades químicas, por lo tanto, en los alimentos, el azúcar agregado (o aquel ya presente) es capaz de provocar reacciones consigo mismo o con otros compuestos dando como resultado productos finales que contienen más o menos sabor dulce (Stone & Sidel, 1969).

Pese a que muchas personas asocian lo dulce con la sacarosa o azúcar de mesa, la sacarosa es sólo uno de los muchos tipos de azúcares que proporcionan este sabor. Las frutas contienen azúcares simples tales como la glucosa y la fructosa; otros alimentos contienen azúcares, tales como la miel y el jarabe de maíz de alta fructosa, que son combinaciones de glucosa y fructosa. Otro de los azúcares simples que se halla en la leche, la lactosa, es una combinación de glucosa y galactosa (Steiner, 1977).

3.1 Sacarosa

El azúcar de mesa es, sin lugar a dudas, uno de los reyes de las sobremesas y parte imprescindible de lo que para muchos son tentaciones alimentarias. Se obtiene de la caña de azúcar y la remolacha azucarera y la variedad más extendida en el mercado es el denominado azúcar blanco. Debido al elevado grado de refinado en su proceso de elaboración, sólo contiene sacarosa en un 99% y ningún otro nutriente, por lo que se suele decir que su aportación se reduce a 'calorías vacías' (es decir, no contiene más nutrientes -vitaminas, minerales, fibra, etc.- que las propias calorías en forma de hidratos

de carbono sencillos). Concretamente, aporta 4 calorías por gramo, menos de la mitad que las que contiene el aceite (9 calorías por gramo) (Fundación Eroski, 2004).

La sacarosa es el nombre químico del azúcar de mesa, es un cuerpo sólido cristalizado, perteneciente al grupo químico de los hidratos de carbono, de color blanco en estado puro, soluble en el agua y en el alcohol y de sabor muy dulce. Es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa, su nombre químico es: alfa-D-glucopiranosil (1-2)-beta-D-fructofuranósido (Belitz, 1997).

En la naturaleza se encuentra en un 20% del peso en la caña de azúcar y en un 15% del peso de la remolacha azucarera, de la que se obtiene el azúcar de mesa. La miel también es un fluido que contiene gran cantidad de sacarosa parcialmente hidrolizada.

Se sintetiza en plantas pero no en animales superiores. No contiene ningún átomo de carbono anomérico libre, puesto que los carbonos anoméricos de sus dos unidades monosacáridos constituyentes se hallan unidos entre sí covalentemente mediante un enlace O-glucosídico. Por esta razón, la sacarosa no es un azúcar reductor y tampoco posee un extremo reductor. Su nombre abreviado puede escribirse como Glc(α -1 \rightarrow 2)Fru o como Fru(β 2 \rightarrow 1)Glc y su fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$ como se puede ver representada en la figura 1 (Barham & Trinder, 1972).

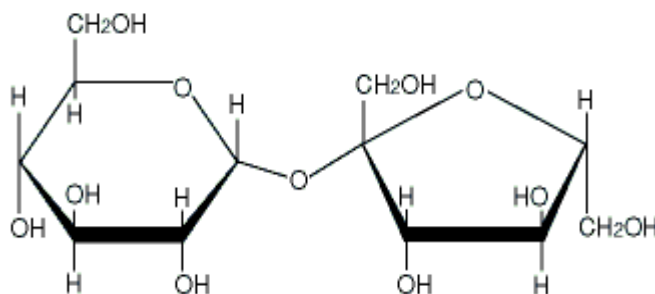


Figura 1. Fórmula química de la sacarosa (Belitz & Grosh, 1997)

La extensa utilización de la sacarosa se debe a su poder endulzante y a sus propiedades funcionales como la consistencia; por tal motivo, es importante para la estructura de muchos alimentos incluyendo panecillos, galletas, nieves y sorbetes, además es auxiliar en la conservación de alimentos. Por lo que es común en mucha de la llamada "comida chatarra" (Fernández, 2006).

La sacarosa es el edulcorante más utilizado en el mundo industrializado, aunque ha sido en parte reemplazada en la preparación industrial de alimentos por otros endulzantes tales como jarabes de glucosa, o por combinaciones de ingredientes funcionales y endulzantes de alta intensidad (Colaboradores de Wikipedia, 2006).

3.2 Azúcares de alcohol

“Sustituto de azúcar”, “azúcares de alcohol”, “azúcares hidrogenados” y “polialcoholes” son sinónimos utilizados para una subclase de carbohidratos presentes en los alimentos. Su característica específica es la presencia del grupo alcohol ($>CH-OH$) en lugar del grupo carbonilo ($>C=O$) en las terminaciones de la aldosa y cetosa de los mono-, di-, oligo- y polisacáridos, de ahí que los polialcoholes no son azúcares, y generalmente tienen el sufijo -itol en lugar de -osa de acuerdo con la nomenclatura moderna (MacNaught, 1996).

Debido a que los polialcoholes no son azúcares, estos se permiten en productos etiquetados como “sin azúcar” y “amigable a los dientes” (Livesey, 1992)

La diferencia entre azúcares y polialcoholes es importante; los azúcares son legalmente definidos para efectos de etiquetado nutricional como mono- y disacáridos únicamente. En contraste, los polialcoholes pueden ser mono-, di-, y también oligo- y polisacáridos hidrogenados, algunos ejemplos de esta clasificación se pueden observar en el cuadro 1.

Los polialcoholes también contribuyen a carbohidratos no disponibles para la fermentación análogamente a la fibra dietética disponible (Livesey, 1992)

Cuadro 1. Clasificación de los carbohidratos mayoritarios en los alimentos

Tipo	GP	Sub-clase	Ejemplos
Monosacáridos	1	Azúcares	Glucosa, fructosa, galactosa,
		Monosacáridos hidrogenados	Eritritol, xilitol, manitol, sorbitol
Disacáridos	2	Azúcares	Sacarosa, maltosa, lactosa, trehalosa
		Disacáridos hidrogenados	Maltitol, isomaltol, lactitol
Oligosacáridos	3-9	Malto-oligosacáridos	Maltodextrinas
		Otros oligosacáridos	Rafinosa, fructo-oligosacáridos, galacto-oligosacáridos
		Oligosacáridos hidrogenados	Almidones hidrogenados
Polisacáridos	>9	Almidón	Amilosa, amilopectina, almidones modificados
		Polisacáridos hidrogenados	Celulosa, hemicelulosa, pectinas

Fuente: modificado por la Organización de Alimentos y Agricultura (1998).

GP: grado de polimerización

Dentro de los atributos fisiológicos de los polialcoholes se encuentran los siguientes, cuyas características se esquematizan en el cuadro 2:

- Baja incidencia en caries
- Baja glicemia
- Baja dependencia de la insulina
- Poco valor energético
- Fuente de sustrato para un colon saludable
- Tolerancia intestinal

Cuadro 2. Atributos fisiológicos de los polialcoholes

Atributo	Azúcar	Edulcorantes No nutritivos ϕ	Poliolos	Fructosa
Valor energético	4 kcal/g	Virtualmente ninguna kcal	2,4 kcal/g	4 kcal/g
Dulzor relativo	1	30-3000	0,4-1,0	1,2
Influencia en el nivel de insulina	Fuerte	Sin influencia	Débil	Débil
Influencia en el sistema digestivo	Neutro	Sin influencia	Puede tener efecto laxante	Neutro
Influencia en la salud dental	Puede causar caries	Sin influencia	Sin influencia	Puede causar caries

Fuente: International Sweetness Association, 2006.

ϕ : sacarina, aspartame, acesulfame K

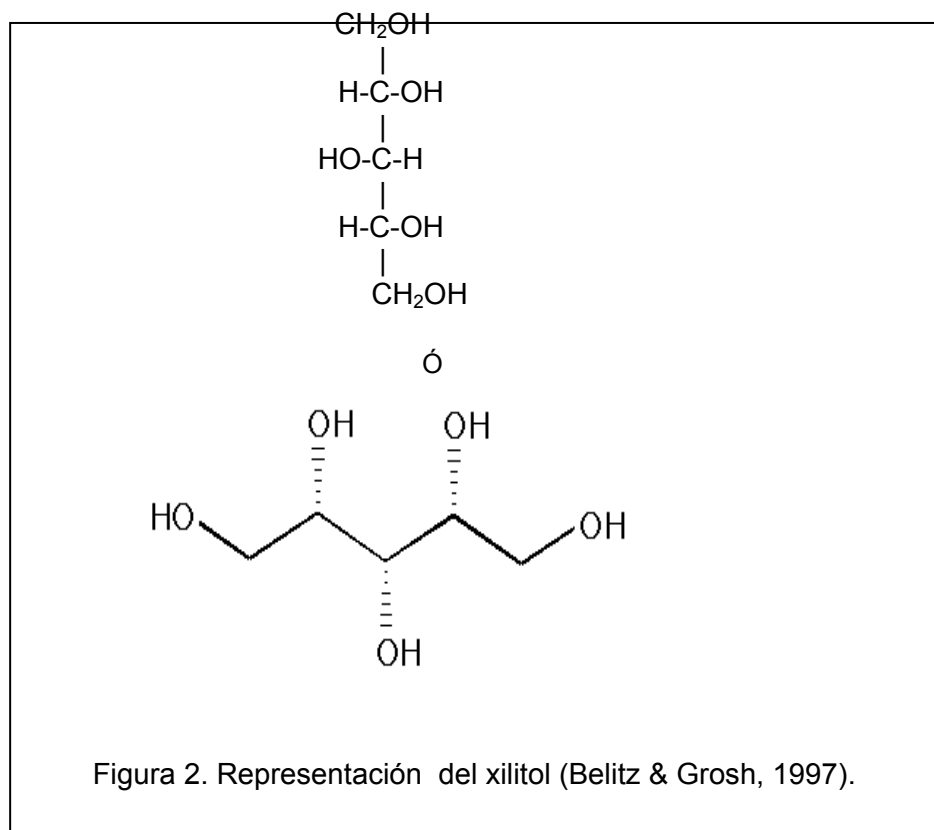
3.3 Xilitol

El xilitol es un polvo blanco, cristalino y sin olor casi idéntico en apariencia al azúcar de mesa (sacarosa), su sabor también es casi idéntico, a excepción de un agradable efecto refrescante en la boca y sin sabores residuales (Sellman, 2003).

Es un poliol que se presenta de manera natural y que proporciona el 100% de la dulzura del azúcar con 40% menos de calorías. El xilitol se obtiene de las mazorcas de maíz y es un alcohol de azúcar de 5 carbonos, conocido por su seguridad en los alimentos y por su perfil dulce y neutro (Corn Products Inc., 2005).

3.3.1 Características químicas y fisiológicas del Xilitol

- Su fórmula molecular: $C_5H_{12}O_5$
- La estructura molecular del xilitol se encuentra en la figura 2



- Solubilidad y estabilidad: se disuelve fácilmente en agua, de hecho más rápidamente que el sorbitol y es menos higroscópico, su disolución acuosa es estable incluso con calentamiento progresivo o almacenamiento. El valor de su solubilidad es 64,8g/100g disolución, a 25°C (Hyvönen, 1982).
- Sabor: imparte un excelente sabor y sensación de frescura similar al mentol. Esto debido a su calor específico de disolución negativo (-34,8 cal/g).
- Poder endulzante: es generalmente aceptable e igual al del azúcar ordinario. El xilitol es 2,5 veces más dulce que el manitol y 2 veces más que el sorbitol.
- Peso molecular: 152,15 g/mol
- Punto de ebullición: a diferencia de otros azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) el xilitol tiene un punto de ebullición por debajo de la descomposición. Presenta poca decoloración cuando se lleva a ebullición constante de 216°C bajo presión atmosférica (Kracher, 1975).
- Viscosidad: la viscosidad de una disolución saturada de xilitol es significativamente más baja que la de sacarosa, siendo de 8,04 centipoise (cP) para el xilitol y 16,42 centipoise (cP) para la sacarosa a una concentración del 60% a 20° C (Counsell, 1978).
- Densidad: la densidad de disoluciones acuosas de xilitol como función de la concentración es menor a la comparada con el sorbitol y la sacarosa (Voirol, 1980).
- Olor: ninguno
- pH en agua varía con la concentración al 5%: 5,6, al 10%: 5,5 y al 40%: 5,4

3.3.2 Propiedades tecnológicas

Como ingrediente alimentario el xilitol se considera una sustancia nueva; sin embargo, el interés en él ha ido en aumento considerablemente y muchos fabricantes han empezado a experimentar con esta sustancia debido a sus impresionantes propiedades.

3.3.2.1 Valor energético

El contenido energético es la cantidad de energía que se encuentra disponible en un alimento para el proceso de digestión. Estos valores se expresan en kilocalorías (kcal) y kilojulios (kJ), en donde una caloría del alimento es la cantidad de energía digestiva disponible (calor) que elevará la temperatura de un kilogramo de agua en un grado Celsius (Lewis, 1993).

Diversos artículos concernientes al control del azúcar sanguíneo y a salud dental reportan valores energéticos para los polialcoholes de 17 kJ/g (4kcal/g) incorrectamente. Este valor es una suposición basada en calores de combustión aproximados y en la suposición de que cada polialcohol fuera absorbido totalmente y utilizado por el metabolismo. Sin embargo, numerosas investigaciones han sido llevadas a cabo y se ha encontrado que éstos tienen valores diferentes y más bajos que sus calores de combustión (cuadro 3). Esto se debe a que los carbohidratos absorbidos por la vía del intestino delgado y no excretados en la orina, son utilizados como energía totalmente disponible, mientras que los carbohidratos que entran en el colon y son fermentados en su totalidad aportan solamente el 50% de energía (Livesey *et al.*, 2000)

La absorción incompleta es la causante del metabolismo indirecto de los polialcoholes por medio de la degradación fermentativa producida por la flora intestinal. La energía proveniente del metabolismo indirecto es menor que la de la vía directa por lo que los polioles son denominados edulcorantes de baja o reducida energía. En virtud de la absorción incompleta, producen una baja respuesta glicémica (Livesey, 2003).

En el caso del xilitol, éste se considera un azúcar bajo en calorías ya que su aporte energético es de 2,4 kcal/g. Con base en valores de energía para el xilitol propuestos por diversos expertos y autoridades, se ha determinado que su absorción es de un 49%, siendo éste un promedio de valores estimados por el Dutch Nutrition Council (1987), Bär (1990), Bernier & Pascal (1990), Livesey (1992), Life Sciences Research Office (1994), y Brooks (1995).

Cuadro 3. Valores energéticos de los polialcoholes (usando como referencia: sacarosa, maltodextrinas y almidones a 17kJ/g (4 kcal/g))

	Fórmula basada en									
	Energía potencial (calor de combustión)*		Disponibilidad actual Datos †		Calorímetro indirecto ‡		US "auto-determinados" Y LSRO§		Regulaciones europeas II	
	kJ/g	kcal/g	kJ/g	kcal/g	kJ/g	kcal/g	kJ/g	kcal/g	kJ/g	kcal/g
Erithritol	17,2	4,1	1	0,2	na	na	1	0,2		
Isomaltol	17	4,1	9	2,1	8	2	8	2		
Lactitol	17	4,1	8	2	8	1,9	8	1,9		
Maltitol	17	4,1	11	2,7	11¶	2,6¶	9	2,1		
Siropes de maltitol Regular, intermedio, alto	17,1	4,1	12	3	na	na			10	2,4
Polímeros mayores	17,1	4,1	12	2,8	11¶	2,6¶	13	3		
Poliglicitol	17,1	4,1	12	2,8	na	na				
Manitol	16,7	4,0	6	1,5	na	na	7	1,6		
Sorbitol	16,7	4,0	10	2,5	na	na	11	2,7		
Xilitol	17	4,1	12	3	na	na	10	2,4		

Fuente: Livesey *et al.* (2000)

LSRO, Life Sciences Research Office; na: no aplica

* Disponibilidad potencial siendo el poliol totalmente disponible. Los calores de combustión son calculados (Livesey, 1992)

† Valor proveniente de la fórmula: calor de combustión x (carbohidrato disponible + 0,5 x carbohidrato fermentable)

‡ Para estudios de calorímetro indirecto, Van Es *et al.* (1986), Sinaud *et al.* (2002) y Livesey (2002).

§ US "auto-determinados" son valores etiquetados dados con el soporte de LSRO (Life Sciences Research Office, 1994, 1999).

II Comunidades Europeas (1990).

¶ Concluido a partir de un sirope de alto peso molecular y su fracción polimérica basado en Sinaud *et al.* (2002)

Los edulcorantes de bajas calorías son útiles para agregar sabor o dulzor a las comidas y aportan pocas calorías adicionales o ninguna ayudando a la reducción del peso.

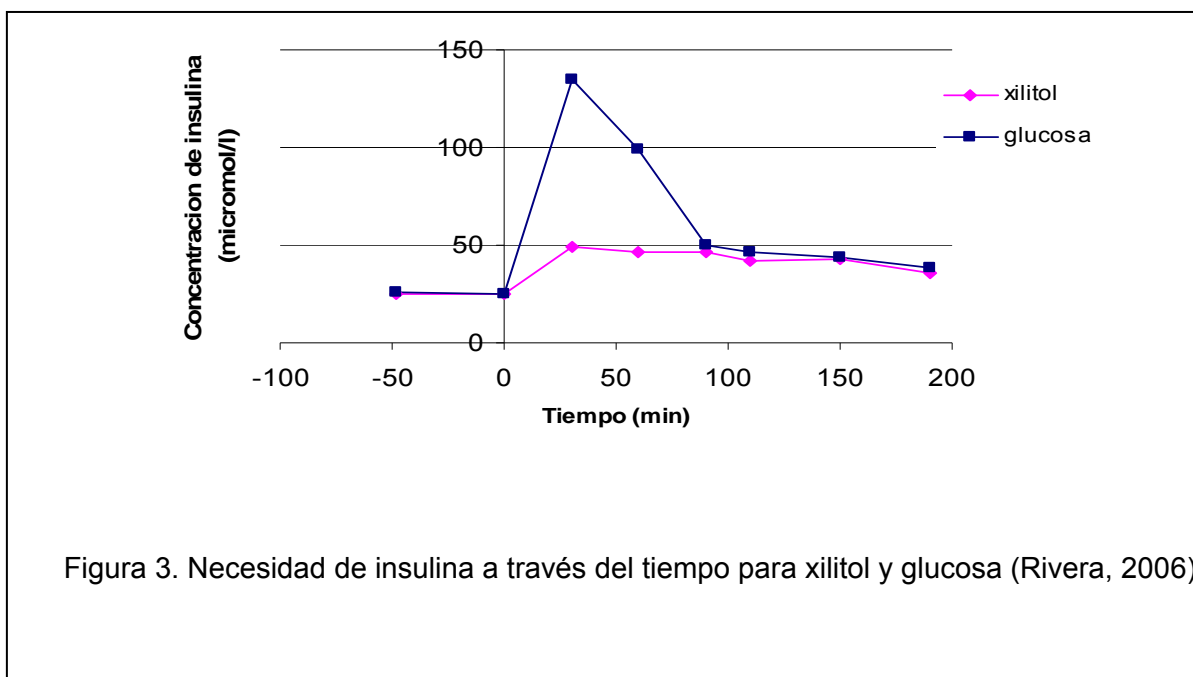
3.3.2.2 Relación con índices glicémicos e insulina

El índice glicémico es una medida del efecto o incremento que tiene un alimento en el nivel de azúcar de la sangre después de dos o tres horas de haber sido consumido, permitiendo su clasificación de acuerdo a dicho valor. Estas mediciones se llevan a cabo propiamente en los alimentos con alto contenido de carbohidratos, ya que los alimentos con alto contenido en grasa o proteína no incrementan el nivel de azúcar tan marcadamente. Sin embargo, no todos los carbohidratos actúan de la misma manera; por ejemplo, algunos son degradados rápidamente en el intestino, ocasionando un rápido incremento del nivel de azúcar de la sangre. Este tipo de carbohidratos tienen un alto valor del índice glicémico. No obstante, se debe tener en consideración que este índice sólo indica la rapidez con la que un carbohidrato en particular es convertido en azúcar, mas no señala la cantidad del carbohidrato que está presente en una determinada porción del alimento (Jenkins *et al.*, 1981).

Todos los edulcorantes de bajas calorías pueden ayudar a las personas con sobrepeso o con diabetes a reducir la ingesta de calorías y a mantenerse dentro de un plan de alimentación saludable. Además, esos edulcorantes son útiles para reducir el aporte de calorías y carbohidratos cuando se les utiliza en lugar del azúcar para endulzar café, té, cereales y frutas (Popeck & Brandl, 2006).

Dado que el azúcar proporciona 4 calorías por gramo, para elaborar productos dietéticos especiales, aptos para personas con diabetes u obesidad -con menos calorías o sin calorías- se emplean otros edulcorantes como los poli-alcoholes (sorbitol, xilitol y maltitol) que tienen una menor carga energética, o edulcorantes artificiales con un poder edulcorante muy intenso y que no aportan calorías (sacarina, aspartame, acesulfame, taumatina, etc.) (Fundación Eroski, 2004).

El xilitol contiene 40% menos calorías que el azúcar y es lentamente absorbido y metabolizado, por lo que no contribuye a un rápido aumento en el azúcar de la sangre y la resultante hiperglicemia causada por insuficiente insulina. Esto se puede ver representado en la figura 3, en donde se le compara con respecto a la glucosa.



Aproximadamente un tercio del xilitol que es consumido se absorbe en el hígado y dos tercios se transporta por el tracto intestinal, donde es descompuesto por bacterias intestinales en pequeñas cadenas de ácidos grasos (Sellman, 2002).

Las personas con Diabetes Tipo I pueden tomar productos con fructosa (con moderación), con polialcoholes (sorbitol, xilitol y mantitol) y con edulcorantes no nutritivos (sacarina, aspartame, acesulfame, taumatina, etc.) y las personas con Diabetes Tipo II, que generalmente presentan obesidad, o personas con sobrepeso pero sin diabetes: pueden consumir productos con poli-alcoholes y con edulcorantes no nutritivos (Fundación Eroski, 2004).

Los edulcorantes de bajas calorías como acesulfamo de potasio, aspartamo, sacarina y sucralosa, son “alimentos libres” ya que endulzan los alimentos, y no elevan los niveles de glucosa en la sangre; estos no cuentan como carbohidratos, grasas o

cualquier otro intercambio, por lo que se los puede agregar al plan de alimentación en lugar de sustituirlos.

La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó el uso de esos edulcorantes de bajas calorías y la Asociación Americana de la Diabetes® acepta la conclusión de la FDA de que esos edulcorantes son más seguros y pueden formar parte de una dieta saludable (Henkel, 2006).

3.3.2.3 Reacciones de oscurecimiento

Durante la fabricación, almacenamiento o diversos procesos a los que son sometidos los alimentos, muchos desarrollan una coloración que en ciertos casos mejoran sus propiedades sensoriales, mientras que en otros las deterioran; la complejidad química de los alimentos hace que se propicien diversas transformaciones que son las que provocan estos cambios (Tames *et al.*, 2001).

La reacción de Maillard es una de estas transformaciones que trae consigo la producción de melanoidinas coloreadas que van desde el amarillo claro hasta el café oscuro, o incluso negro; para que se lleven a cabo se requiere de un azúcar reductor (aldosa o cetosa) y de un grupo amino libre proveniente de un aminoácido o proteína (Tames *et al.*, 2001).

El xilitol no incurre en reacciones de Maillard ni de caramelización (Emodi, 1978), por lo tanto, no contribuye al oscurecimiento del producto ni a la reducción en el valor nutricional de las proteínas, esto debido a la ausencia de los grupos aldo- y ceto-; lo cual se puede considerar una desventaja o ventaja dependiendo del uso que se requiera del ingrediente.

El xilitol no se carameliza a elevadas temperaturas (Krammer, 1971) y sólo se observa un ligero color amarillo formado cuando es calentado a temperaturas mayores de 150° C, supuestamente por pequeñas cantidades de impurezas de aldosas (Kracher, 1975).

Esta propiedad es importante en la elaboración de alimentos, sobre todo en aquellos en los que se requiere que el color no se vea modificado, como por ejemplo en los panes blancos.

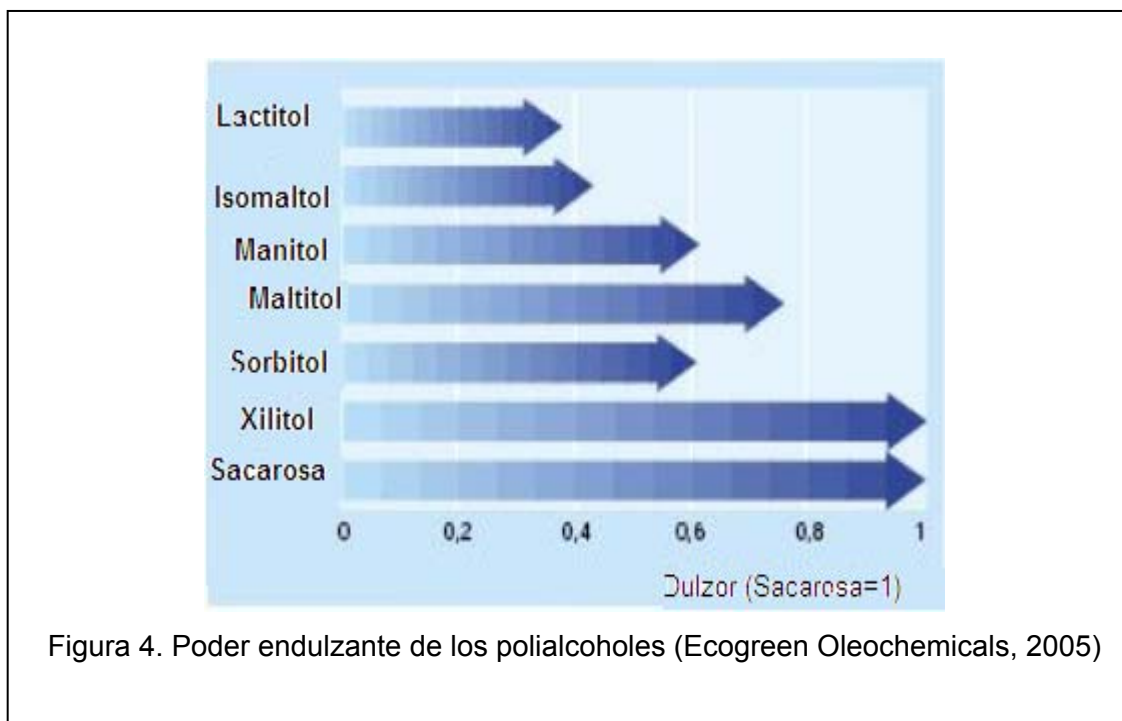
3.3.2.4 Efecto no cariogénico

Debido a que las bacterias bucales no metabolizan el xilitol, tiene una capacidad excepcional para restringir la producción de ácido que puede dañar el esmalte dental. La principal bacteria responsable de la caries dental, *Streptococcus mutans*, habita en la boca, promueve la formación de sarro y, por consiguiente, fermenta los azúcares y almidones de la dieta para producir ácidos que reducen rápidamente el pH bucal. Estas acciones pueden llevar a la desmineralización del esmalte dental, formando caries. No obstante, el xilitol frena este ciclo de producción de ácido desde sus inicios al restringir el crecimiento y la actividad de la *S. mutans* (Mäkinen, 1978). Es más, su ingestión puede estabilizar las caries existentes. Esta propiedad favorable de los polioles puros, o sea la no producción de caries, sigue esta escala de valores en modo decreciente: xilitol, isomaltol, sorbitol, maltitol, manitol (Larosa, 2002).

3.3.2.5 Poder endulzante

El dulzor relativo de un compuesto dulce se determina como la relación de las concentraciones necesarias para evocar la misma percepción de dulzor, en donde la sacarosa ha sido utilizada como referencia. Este dulzor relativo es dependiente de la concentración utilizada y dependiente de la temperatura, ya que en estudios anteriores se ha encontrado una disminución significativa, por ejemplo, de 103 a 78, cuando se utilizó una disolución al 5% de sacarosa, con un cambio en temperatura de 5 a 50° C (Hyvönen *et al.*, 1977).

El dulzor del xilitol comparado con el de la sacarosa puede variar de 0,85 a 1,25 dependiendo del pH, concentración, temperatura, concentración salina y otros factores (Hyvönen *et al.*, 1977). Las equivalencias de los polialcoholes con respecto a la sacarosa se muestran en la figura 4.



3.3.2.6 Efecto refrescante

Una característica remarcable del xilitol es que presenta disoluciones endotérmicas. El calor requerido para disolver 1 g de este pentitol es de 153,0 J/g, siendo el mayor de todos los azúcares conocidos incluyendo los azúcares de alcohol (figura 5) (Hyvönen *et al.*, 1982).

Los calores de disolución de los endulzantes más comunes son:

Sacarosa: 18,1 J/g (4,34 cal/g)

Dextrosa: 59,4 J/g (14,2 cal/g)

Sorbitol: 97,0 J/g (23,2 cal/g)

Xilitol: 153,0 J/g (36,6 cal/g)

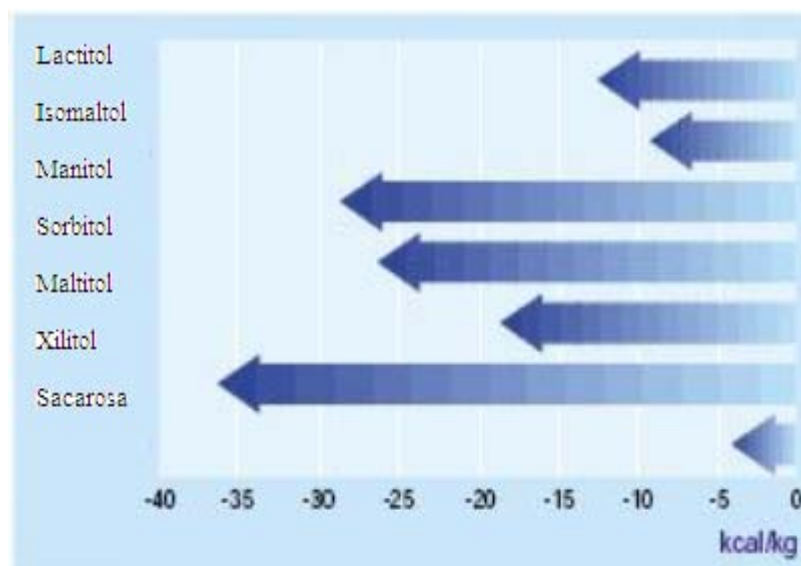


Figura 5. Valores de entalpía de los polialcoholes (Ecogreen Oleochemicals, 2005)

En los alimentos esto significa que al consumir el xilitol en forma cristalina se produce un enfriamiento de la saliva. Esta propiedad conlleva a un verdadero efecto refrescante en los alimentos, el cual es deseable en ciertos de ellos provocando una sensación a mentol.

Un 10% del xilitol reduce la temperatura de disoluciones acuosas en 3°C, a la vez en que una preparación del 50% de un sirope de xilitol reduce la temperatura en 12°C (Voirol, 1980).

3.3.2.7 Solubilidad

La solubilidad del xilitol es la misma que la sacarosa, 64,8g/100g disolución a 25°C, ó de 185,4g/100g de agua (figura 6). A los 30°C es menos soluble que la sacarosa, y por encima de esta temperatura más soluble. El aumento de la solubilidad del xilitol al ir aumentando la temperatura es significativamente mayor que el aumento de la solubilidad de la sacarosa (Hyvönen, 1982).

El xilitol es relativamente poco soluble en alcohol: 1,2g/100 g disolución del 96% etanol, y 6,0g/100g al 96% metanol (Kracher, 1975).

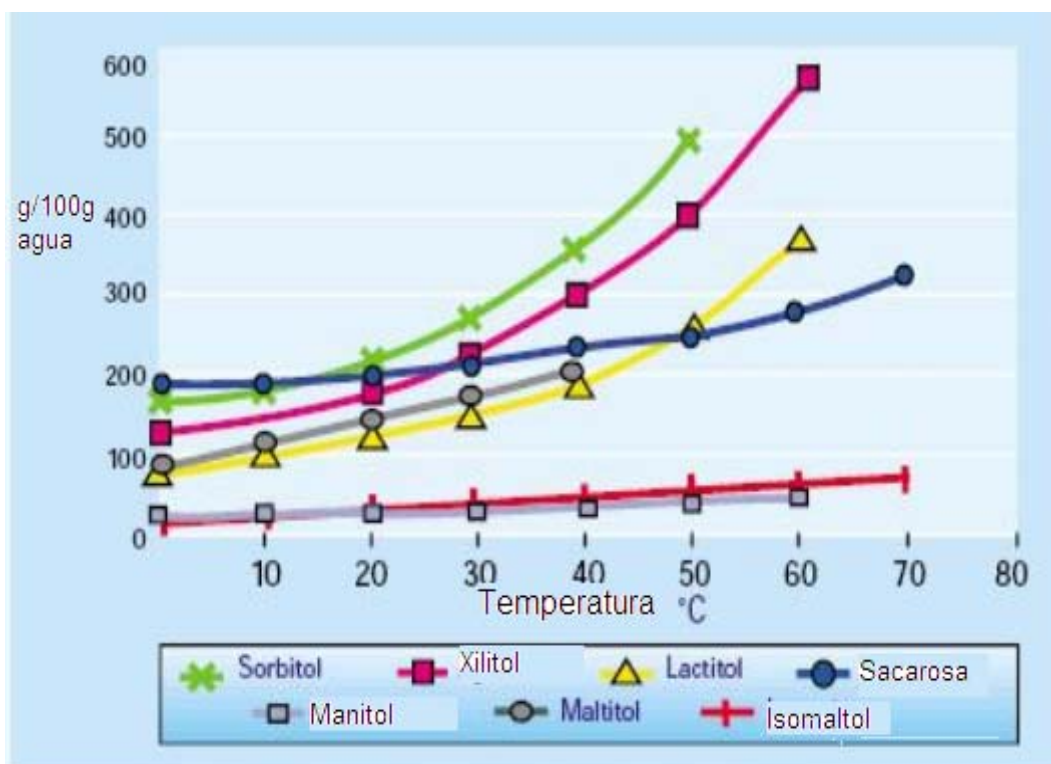


Figura 6. Comparación de solubilidad de diferentes azúcares (Ecogreen Oleochemicals, 2005)

3.3.2.8 Tolerancia del xilitol

Los polialcoholes, al no ser absorbidos suficientemente en el intestino delgado y combinarse con el agua presente en el lumen intestinal, presentan cuadros de diarrea si se consume en grandes cantidades (Counsell, 1978).

El xilitol también presenta estas propiedades laxantes y si se consume de una sola vez, una dosis mayor a la recomendada, podría usualmente causar diarrea osmótica. Es comparable en este aspecto al sorbitol y a otros carbohidratos que se absorben lentamente. Este umbral laxante varía con cada individuo y con la manera en la cual se consume el xilitol (Hyvönen, 1978). Depende de un número de factores, incluyendo la sensibilidad individual, modo de ingestión, dieta diaria y de la previa adaptación al xilitol.

Se recomiendan dosis individuales por día de 0,5 - 1,0 g/kg de peso corporal, es decir, entre 20 y 30g por día, las cuales son generalmente bien toleradas por los individuos (FAO/WHO, 1983).

Según estudios realizados, se ha encontrado que la absorción de xilitol se puede aumentar por adaptación al producto (Dubach *et al.*, 1969).

Según Counsell (1978), una persona saludable puede tolerar 10-30 g de xilitol en una dosis simple sin efectos secundarios ni diarrea y de igual manera, en los niños no se observa ningún efecto si se consumen 10 g de xilitol. Los pacientes adultos podrían ser capaces de tolerar más de 200 g de xilitol por día después de su adaptación en dosis graduadas; sin embargo, estos casos son la excepción.

Como regla general, solamente 50-70g de xilitol son tolerados por todos los adultos sin problemas, y esta cantidad aumenta si se consume en conjunto con otra forma nutritiva de alimentos. En productos como los dulces (chocolates, gomas de mascar, dulces en general) el peligro de diarrea no es alto, porque en general solo se consumen pequeñas cantidades. Por otro lado, cuando se utiliza como endulzante en limonadas o refrescos, la posibilidad de que ocurra diarrea es mayor, ya que en este caso, la cantidad que se consume puede ser muy alta en un periodo de tiempo muy corto. Estas consideraciones no se aplican a productos como el café o el té ya que la cantidad que se utilice puede ser medida y controlada por la persona (Counsell, 1978).

3.3.3 Producción del xilitol

A pesar de su amplia variedad de aplicaciones, el uso del xilitol como endulzante es limitado, debido a un costo de producción relativamente alto (aproximadamente 10 veces el de la sacarosa o sorbitol) que limita su mercado y que ha impulsado el desarrollo de mejores tecnologías orientadas a bajar estos costos. En este campo, los procesos de fermentación (a partir de disoluciones de xilosa) promueven una alternativa interesante para su síntesis química (Parajó *et al.*, 1998). También existen otras dos formas de obtención las cuales son por medio de procesos biotecnológicos y su extracción de fuentes naturales.

3.3.3.1 Producción química

El proceso utiliza como materia prima desechos agrícolas, entre ellos el marlo del maíz, bagazo, corteza de frutas secas como nueces, almendras, avellanas, paja y cáscara del arroz. Éstos contienen pentosanos que son polisacáridos formados por unidades de pentosas (monosacáridos con 5 átomos de carbono) los que también a veces están asociados con la lignina y la celulosa. El contenido de pentosanos en los productos indicados puede variar del 15-25% en base seca (Larosa, 2002).

Por hidrólisis ácida, en condiciones moderadas, se obtienen dichas pentosas, siendo particularmente de interés la D-xilosa que, dependiendo de la materia prima empleada, es acompañada por pentosas como arabinosa y ribosa y que es necesario eliminar por medio de separación cromatográfica (Larosa, 2002).

Una vez efectuada la hidrólisis, el licor obtenido contiene la D-xilosa, la cual es sometida a la hidrogenación para llegar al xilitol. Previamente es necesario separarla del material sólido y proceder a la neutralización y, una vez neutralizado el hidrolizado, se concentra y desmineraliza (Larosa, 2002).

Posteriormente la disolución se decolora mediante el pasaje a través de una columna que contiene carbón activado, luego de lo cual la D-xilosa en disolución se hidrogena. Esta etapa se efectúa en un reactor (idóneo para trabajar a alta presión aproximadamente $3,0 \times 10^6$ Pa/ g) con vigorosa agitación, en presencia de un catalizador metálico e hidrógeno. Concluida la hidrogenación, la disolución se filtra para recuperar el catalizador, el que será reutilizado en otra hidrogenación (Larosa, 2002).

La disolución que contiene xilitol se concentra, cristaliza, separa, seca y se envasa en bolsas o en recipientes idóneos para su almacenamiento y transporte. El producto obtenido tiene un título mínimo del 99,7% (Larosa, 2002).

A continuación se incluye el esquema simplificado que describe el proceso de fabricación (figura 7):

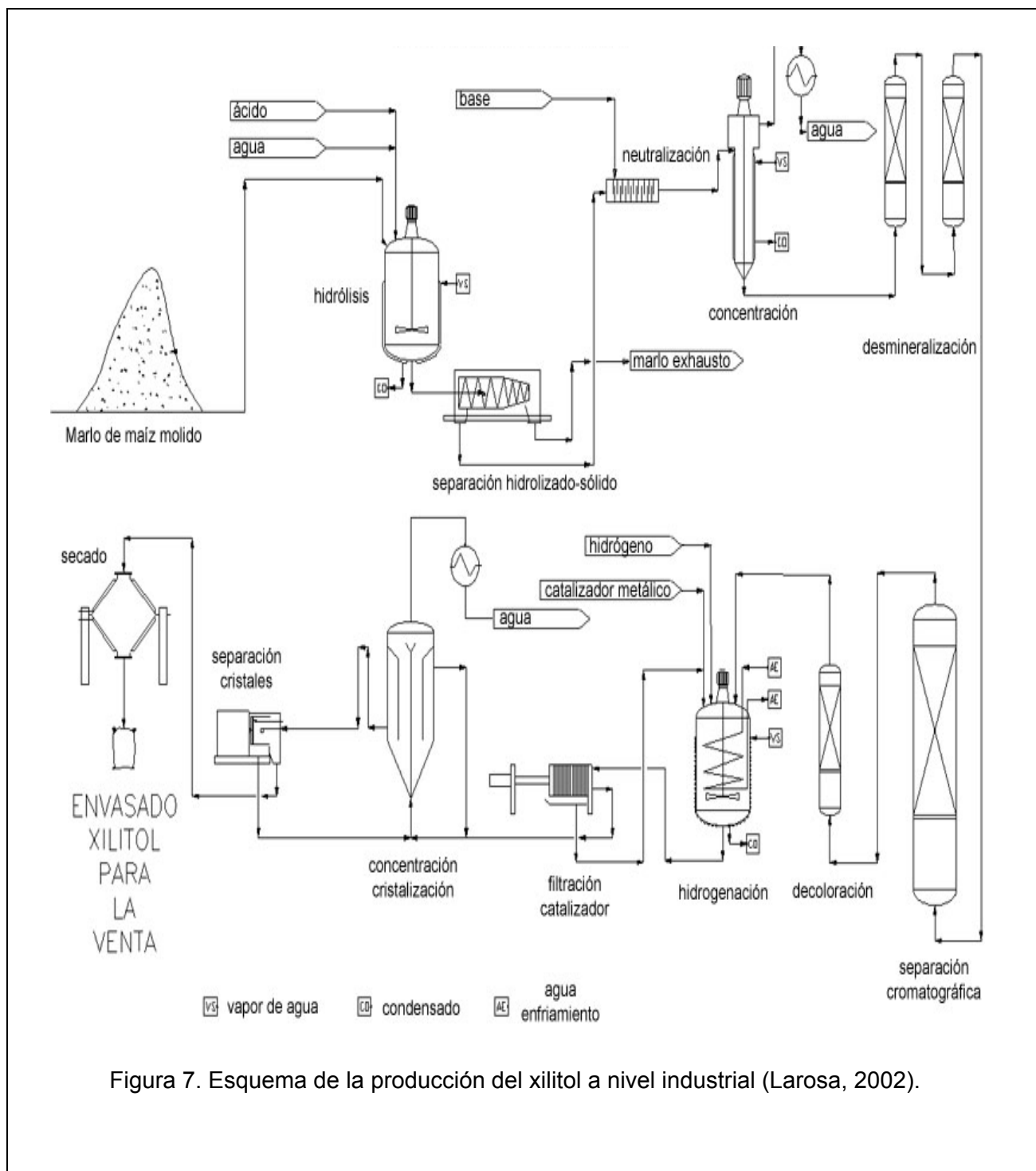


Figura 7. Esquema de la producción del xilitol a nivel industrial (Larosa, 2002).

Aproximadamente 50-60% de la xilosa inicial es convertida a xilitol, siendo la purificación y la separación las etapas más costosas (Nigam & Singh, 1995).

Dentro de las desventajas de este proceso se encuentran el costo de producción debido a las concentraciones de hidrólisis en altas producciones, pureza y por las condiciones de hidrolizados y productos (Nigam & Singh, 1995).

3.3.3.2 Producción biotecnológica

Los métodos biotecnológicos en la producción de xilitol están basados en la utilización de microorganismos y/o enzimas. Estos microorganismos tienen la capacidad de convertir la xilosa directamente en xilitol por medio de la enzima xilosa reductasa (Hallborn *et al.*, 1991) y muchos contienen la enzima xilosa-isomerasa.

Una de las ventajas de usar una producción microbiológica de xilitol es la posibilidad de emplear desechos industriales como materia prima, los cuales contienen fracciones de hemicelulosa, sin etapas múltiples de purificación.

Adicionalmente, algunas cepas como *Corynebacterium* y *Enterobacter* producen xilitol ya que poseen un sistema oxido-reductor que permite la reducción de xilosa a xilitol con una oxidación posterior a xilulosa (Parajó *et al.*, 1998).

También se encuentran las levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*, *S. uvarum*, *S. rouxii*, *Schyzosaccharomyces pombe*, *Candida moggi* y *C. melibiosica* las cuales fermentan la xilulosa a etanol o a xilitol (Jeffries, 1981; Gong *et al.*, 1981).

3.3.3.3 Extracción a partir de fuentes naturales

El xilitol se encuentra naturalmente en frutas y vegetales (lechuga, coliflor, ciruelas amarillas, frambuesas, fresas, uvas y bananos), así como en levaduras, líquenes, algas marinas y hongos. Éste puede ser recuperado de estas fuentes por medio de extracciones sólido-líquido; sin embargo, la concentración tan pequeña obtenida de este edulcorante a partir de las materias primas (menos de 900 mg/100g) hace que el proceso no sea viable desde el punto de vista económico (Hyvönen *et al.*, 1982; Pepper & Olinger, 1988).

Además la xilosa es difícil de extraer comercialmente por los problemas que se encuentran en su separación, particularmente de otros carbohidratos como la glucosa (Hyvönen *et al.*, 1982).

3.4 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos constituye hoy en día un pilar fundamental para el diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios, ya que permite determinar el grado de satisfacción que brinda un determinado producto y anticipa la aceptabilidad que tendrá. Es una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Se puede utilizar para la comparación de productos, la cual se realiza para verificar la existencia o no de diferencias entre el estándar y el producto experimental, y así poder realizar modificaciones en el proceso de producción y así ambos tengan la misma aceptabilidad (Ureña *et al.*, 1999).

Ésta es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Por lo tanto, es una herramienta que permite obtener valiosa información que no es posible obtener mediante otros métodos (Gallinger, 1998).

El uso de personas en mediciones de sabor, aroma y textura es necesario porque no hay aparatos mecánicos que puedan medir la percepción recibida por la boca, nariz, paladar, dientes, mejillas, etc, como un todo (Gallinger, 1998).

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. El color y la textura también son propiedades sensoriales muy importantes de un alimento; sin embargo, son más fáciles de evaluar, por medio del instrumental apropiado, que el sabor. El sabor es un fenómeno complejo y dinámico porque relaciona todos los sentidos, principalmente el olfato y el gusto, aunque la vista y el oído también forman parte de su fisiología. Es por todo esto que su medición y apreciación se tornan difíciles de cuantificar y determinar (Lozano, 1999).

3.4.1 Enmascaramiento del sabor

El estudio de las interacciones entre los componentes del sabor es tema de debate en las investigaciones relativas a la percepción sensorial de gustos y aromas, ya que existen muchas discrepancias entre autores debido a que el comportamiento de la mayoría de las sustancias es altamente dependiente de la concentración y de la composición de las mezclas (Peynaud, 1996).

El sentido del gusto presenta generalmente una tendencia inhibitoria o enmascarante en la percepción de mezclas compuestas por sustancias que poseen sólo gusto, como por ejemplo: azúcares, algunos ácidos, quinina o cloruro de sodio. Este patrón de comportamiento se denomina supresión o enmascaramiento. Uno de estos efectos de supresión o inhibición es el que ocurre entre el amargo y el dulce o entre el dulce y el ácido.

En trabajos previos se ha investigado la percepción del dulzor y la acidez en vino blanco y en soluciones acuosas de igual concentración de ácido y azúcar, quedando en evidencia que los otros componentes de la mezcla (en el caso del vino) influían notoriamente en la percepción de los gustos. En el vino se observó un balance entre ácido-dulce, en cambio en agua las soluciones eran claramente ácidas o dulces (Goldner *et al.*, 2004; Zamora *et al.*, 2004).

En los alimentos y medicamentos es de suma importancia conocer estas interacciones porque determinan su aceptación o rechazo por parte de los consumidores, especialmente cuando están destinados a niños. El efecto de enmascaramiento de la acidez por el dulzor de los azúcares tiene un doble rol en las bebidas. Por un lado decrece la intensidad de la acidez y por otro agrega una sensación agradable que tiene un impacto favorable sobre las preferencias de los consumidores (Lawless, 1977).

3.4.2 Evaluación del sabor

El ser humano es capaz de percibir un abanico amplio de sabores como respuesta a la combinación de varios estímulos, entre ellos textura, temperatura, olor y gusto.

El gusto de un alimento es función de las papilas gustativas en la boca y consiste en registrar el sabor e identificar determinadas sustancias solubles en la saliva por medio de algunas de sus cualidades químicas (Lozano, 1999).

El atributo del sabor es muy complejo, ya que combina tres propiedades: olor, aroma y el gusto. El sabor es la suma de las tres características y, por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado (Anzaldúa-Morales, 1994). Aunque constituye el más débil de los sentidos, está unido al olfato, el cual compone su fisiología porque es lo primero que se percibe, aún antes que el gusto. Un olor inadecuado puede interferir o modificar un determinado sabor.

El sabor es lo que diferencia a un alimento del otro y no el gusto, por lo que si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podrá juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido. En cambio, en cuanto se percibe el olor, se puede decir de qué alimento se trata. Por ello, cuando se realizan pruebas de evaluación del sabor, no solo es importante que la lengua del juez esté en buenas condiciones, sino también que no tenga problemas con su nariz y garganta (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los términos con los que se evalúa el olfato son cualidades intermedias del sabor y asociados a los cinco gustos básicos: ácido (agrio), umami, dulce, salado, o amargo (Lozano, 1999). Su interpretación química se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Interpretación química del sabor

Sabor	Químicos que determinan el sabor
Salado	Iones de sodio
Dulce	Compuestos polihidroxilados, azúcares (sacarosa)
Amargo	Alcaloides y otros compuestos complejos amargos
Ácido (amargo)	Iones hidronio
Umami	Glutamato y aminoácidos

Los factores que afectan al evaluador del sabor son de dos tipos: físicos y los que dependen del medio ambiente. Los físicos son: sexo, edad, momento del día, estrés, condiciones de salud y uso de otras sustancias como el tabaco y las drogas. Los ambientales son la temperatura, color y otros elementos relacionados (Lozano, 1999). Por lo tanto, cuando se prueba el sabor de un alimento, para medirlo o compararlo, es importante enmascarar estos factores.

La base de la percepción del sabor depende de sensaciones como la térmica (calor, frío), astringencia, efecto refrescante (mentol), textura (cremoso o suave), auditivo (crujencia) y los efectos temporarios como secuencia al probar, impacto, duración (sabor residual y acarreamiento) (Lozano, 1999).

El gusto o sabor básico de un alimento es una propiedad que es detectada por medio de la lengua. Hay personas que pueden percibir con mucha agudeza un determinado gusto, pero para los otros gustos, o sabores básicos, su percepción es pobre o nula (Anzaldúa-Morales, 1994). Por lo tanto, a la hora de realizar un panel con jueces evaluadores de un determinado producto es necesario determinar cuáles sabores básicos puede detectar cada juez.

La percepción del gusto, se debe a un reconocimiento químico de la estructura de las sustancias. La configuración química de éstas tiene mucho que ver, y esto ha sido confirmado al llevarse a cabo el desarrollo de los edulcorantes artificiales, los cuales aunque muy diferentes químicamente al azúcar, guardan cierta semejanza con el azúcar en algunos carbonos asimétricos (Shallenberger & Birch, 1975, Larson-Powers & Pangborn, 1978).

Los compuestos químicos de los alimentos se disuelven en la saliva de la boca y penetran en las papilas gustativas a través de los poros de la superficie de la lengua, donde entran en contacto con células sensoriales. Cuando un receptor es estimulado por una de las sustancias disueltas, envía impulsos nerviosos al cerebro, y la frecuencia con que se repiten los impulsos indica la intensidad del sabor (Alimentación sana, 2006).

El sabor de los alimentos es dependiente del tiempo, ya que hay sabores que se perciben más rápidamente que otros. Incluso con los sabores básicos, en el caso de la acidez existen diferencias, no solo en cuanto a intensidad, sino también a la prontitud con la que las personas perciben ese gusto. Varios ácidos pueden tener una misma calificación de acidez sensorial; sin embargo, pueden diferir en cuanto a esta característica, la cual se puede llamar "prontitud de detección de acidez". Así por ejemplo, el ácido cítrico es detectado muy rápidamente en la lengua y causa una impresión fuerte, mientras que el tartárico, el málico y el ascórbico, aún con la misma intensidad de sabor ácido tardan más en ser percibidos y causan una impresión diferente (Anzaldúa-Morales, 1994).

Para evaluar el sabor de los alimentos hay distintos métodos como por ejemplo el ensayo por preferencia, la comparación pareada, el ensayo dual o por tríos o múltiple y los análisis descriptivos de atributos sensoriales.

3.5 Métodos sensoriales

Una de las primeras características de las funciones sensoriales de los humanos para ser medidas fueron los umbrales absolutos. El umbral absoluto o de detección es el nivel de energía por debajo del cual no se produce ninguna sensación por parte del estímulo y arriba de éste sí se puede alcanzar conscientemente (Lawless & Heymann, 1999).

Debido a la complejidad de la evaluación de los sabores, para su evaluación se debe de hacer uso de la psicofísica, la cual es el estudio de las relaciones entre el estímulo físico y la experiencia sensorial (Lawless & Heymann, 1999).

De los estudios realizados en psicofísica se derivaron tres métodos sensoriales de prueba, los cuales fueron el de límites ascendentes, estímulo constante (llamado prueba y error anteriormente) y el ajuste o error promedio. Cada uno de estos métodos fue asociado a una respuesta medible de un sistema sensorial. El método de límites ascendentes se puede usar para determinar umbrales absolutos, el de estímulo constante se utiliza para determinar diferencias de umbrales y el de ajuste para establecer equivalencia sensorial (Lawless & Heymann, 1999).

Se han descrito concentraciones de umbrales poblacionales para cada uno de los gustos básicos, o sea, las concentraciones mínimas que producen una respuesta sensorial en un 75% de las personas cuando se usa comparaciones pareadas, y así se han obtenido umbrales que se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Umbrales para los cuatro gustos básicos (Biblioteca Digital de la Universidad de Chile, 2006)

Gusto	Compuesto químico	Concentración umbral poblacional
Dulce	Sacarosa	10,000 ppm
Ácido	Ácido Clorhídrico	100 ppm
Salado	Cloruro de sodio	5,000 ppm
Amargo	Quinina	1 ppm

La sensibilidad para la detección de umbrales es afectada por diferentes condiciones como pureza de los compuestos usados, método utilizado, orden de presentación de las muestras, hora de realizar la prueba, horas de sueño, estado de hambre y tipo de dieta ingerida, edad, hábito de fumar y temperatura a que se entregan las soluciones, entre muchos factores (Pedrero & Pangborn, 1989).

3.5.1 Método de estímulo constante

El método de estímulo constante mide la relación proporcional entre la percepción de atributos sensoriales y los parámetros físicos de un estímulo. Establece, mediante un continuo psicológico, diferencias proporcionales que indican la intensidad de un estímulo específico en dos o más muestras. Este continuo, a diferencia de las otras escalas, es desarrollado por el juez (continuo psicológico), para que él, a su criterio, establezca la magnitud de la diferencia; es decir, como no se le proporciona una escala finita, el juez puede declarar la proporcionalidad que más se ajuste a su concepción del estímulo percibido (Pedrero & Pangborn, 1989).

En este método, el estímulo de prueba es siempre comparado contra un nivel de referencia constante, generalmente es el promedio en una serie de niveles de intensidades físicas. La labor del evaluador es responder a cada pregunta si es “mayor que” o “menor que” el estándar. Para cada nivel de intensidad se realizan muchas repeticiones, y se grafica el porcentaje de veces que la respuesta es “mayor que” en el eje

"y" y la concentración analizada en el eje "x". En esta gráfica se definen umbrales arbitrarios, como por ejemplo, el nivel al cual el 50% de las detecciones ocurren, esto debido a que no hay un nivel de energía por debajo del cual nunca se vaya a obtener una respuesta u otro por encima que siempre la haya. Estos umbrales empíricos se definen como puntos en la función psicométrica de la curva, en donde su naturaleza curvilínea muestra como el concepto original de los umbrales fijados son imposibles de medir en la práctica. Por lo tanto, la diferencia entre umbrales se toma como la diferencia entre el 50% y el de los puntos interpolados en la función. Ya que el método de comparación utiliza una probabilidad de escogencia correcta al azar de 0,5, lo que corresponde al punto cero donde no se distingue entre el estándar y la concentración evaluada, y el 100% cuando se distingue el 100% de las veces la concentración evaluada del estándar, por definición, el 50% de las detecciones es el 75% de las veces que se diferencia la concentración evaluada contra el estándar (figura 8) (Lawless & Heymann, 1999).

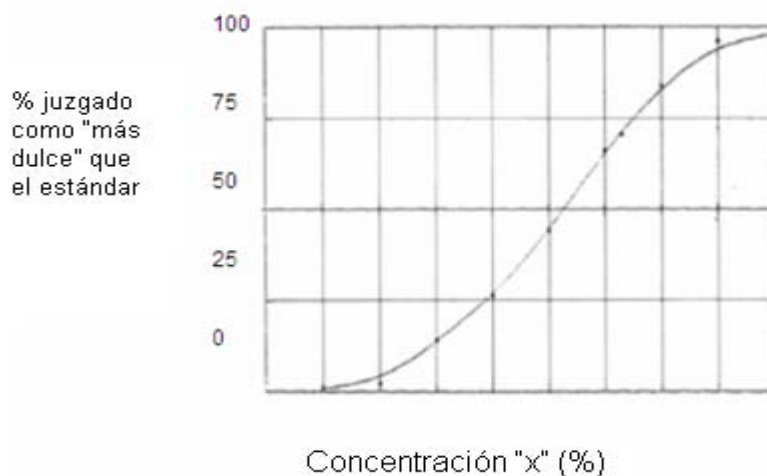


Figura 8. Representación gráfica de la función psicométrica utilizada en análisis sensoriales (Goñi, 2006)

El método de estímulo constante tiene un gran parecido a las actuales técnicas de comparación pareada, con dos excepciones. El primer punto es que el método de estímulo constante fue dirigido a la estimación de puntos, en lugar de probar diferencias estadísticas significativas, y el segundo es que se prueba un intervalo de estímulos de comparación y no solamente un par comparativo (Lawless & Heymann, 1999).

3.5.1.2 Método de comparación pareada

Con la comparación pareada se determina si existe diferencia perceptible entre dos o más muestras, esta diferencia se obtiene comparando dos muestras (un par) entre sí y resulta muy útil cuando se utiliza un producto de referencia o cuando las diferencias son muy escasas (Pedrero & Pangborn, 1989).

En esta prueba, la probabilidad de escoger la respuesta correcta por casualidad es del 50% ($p=1/2$ o 0,05) de manera que si el valor del total de respuestas correctas excede el 50% se puede concluir que las muestras son diferentes entre sí. A fin de determinar si tal diferencia es significativa, se determina el nivel de significancia con el que se va a trabajar y utilizando tablas binomiales se observa si el valor indicado es igual o menor que el total de respuestas correctas, para entonces afirmar que la diferencia se establece con ese nivel de significancia (Pangborn *et al.*, 1989).

En la psicofísica del sabor cuando se comparan dos productos, esa comparación es válida a esa concentración específica que se hizo, por lo tanto es necesario conocer las curvas psicofísicas de los compuestos para saber si la relación se mantiene tanto a concentraciones bajas como a concentraciones altas (Moskowitz, 1972).

Las curvas psicofísicas se obtienen a través de una ecuación que establece una interdependencia entre evaluaciones sensoriales y mediciones físicas para un alimento (figura 8). El tipo más común de relación psicofísica es la ecuación obtenida por regresión a partir de parejas de datos sensoriales y físicos, y sucede muy frecuentemente que las mejores correlaciones se encuentran en representaciones semilogarítmicas de los datos (Moskowitz & Kapasalis, 1976).

Dentro de las desventajas de este método se encuentra el gran número de comparaciones que se deben realizar y una considerable cantidad de disoluciones de prueba (Stone & Oliver, 1969).

3.5.2 Prueba de preferencia

La prueba de preferencia se utiliza para ordenar, según las opiniones de un grupo de consumidores, un par o una serie de muestras de acuerdo con el aprecio personal o una preferencia.

Las pruebas de preferencia son pruebas afectivas en donde a los jueces se les llama simplemente consumidores y las personas que participen no requieren entrenamiento alguno, y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación. La población elegida debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio, y generalmente se recomienda que no conozcan la problemática del análisis, sino solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella (Pedrero & Pangborn, 1989).

La prueba de preferencia es muy sencilla y consiste nada más en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere. Además, se incluye una sección para comentarios para que el evaluador se pueda dar cuenta de por qué los jueces prefieren una muestra en particular (Anzaldúa-Morales, 1994). Por lo tanto, la hoja de respuestas cuenta con solamente dos opciones: prefiere a ó b, de esta manera el evaluador puede escoger alguna de las dos muestras. El problema de dejar solo dos opciones es que si se obtiene un 50% de los consumidores en cada muestra no se sabe si es que la mitad de la población prefiere la muestra a y la otra mitad la muestra b o si no prefieren ninguna de las dos pero al verse forzados a escoger una, escogieron la menos desagradable. Por esa razón se recomienda incluir una tercera opción que puede ser “no prefiere ninguna” o “prefiere las dos”, dependiendo del objetivo de la prueba.

Para realizar las pruebas con consumidores se debe contar con un mínimo de 100 panelistas debido a que las respuestas son subjetivas o acordes con puntos de vista personales, por lo que es de esperarse que la variación entre los consumidores sea muy amplia. Este tipo de pruebas demanda un gran número de participantes, para que dicha variación se haga constante y aparezcan sólo las diferencias más importantes del producto en estudio. Cuando se utilizan grupos pequeños, los resultados deben considerarse tentativos, por lo que a medida que se aumente este mínimo de consumidores, el error (como variabilidad) tiende a disminuir. Los grupos de cincuenta a cien individuos se consideran adecuados, para que reflejen las posibles tendencias de la

población elegida ya que éstos representan la población meta a la cual el producto examinado irá dirigido en los estudios de consumidor (Pedrero & Pangborn, 1989).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos, localizado en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica (figuras 9 y 10).



Figura 9. Cubículos donde se realizaron las pruebas sensoriales



Figura 10. Panelista en cubículo individual

4.2 Materiales de trabajo

4.2.1 Sustancias utilizadas

Se utilizaron disoluciones modelo preparadas con los endulzantes diluidos en agua destilada, como se indica en el cuadro 6.

Cuadro 6. Sustancias utilizadas en la preparación de las disoluciones modelo

Sustancias utilizadas	Marca / Características
Azúcar de mesa	Doña María
Xilitol comercial	Emeral Forest, Grado farmacéutico, 100%puro
Acido cítrico	Distribuido por Amuco.Inc, pureza 99,97%
Cafeína	Merck, K22218284
Limonos	Frescos
Agua destilada	-
Te Lipton	Yellow label tea

Las sustancias utilizadas se encuentran disponibles en el mercado nacional a excepción del xilitol, que fue importado de Estados Unidos ya que no se distribuye en el país.

4.2.2 Equipo utilizado

Las disoluciones se prepararon frescas cada día utilizando el equipo que se describe en el cuadro 7 antes de empezar los paneles correspondientes para evitar alteraciones en el sabor de éstas.

Cuadro 7. Equipo utilizado en la elaboración de disoluciones modelo

Equipo	Características
Vasos plásticos	Capacidad 2 onz
Balanza granataria	Scientech, capacidad Max 40g/400g
Cucharas plásticas	Marca Link
Bandejas plásticas	-
Servilletas papel	-
Beakers	Capacidad 25mL, 50 mL, 100 mL
Balones aforados	Capacidad 50mL, 250mL, 500mL
Vasos vidrio	-
Microondas	LG

4.3 Metodología

4.3.1 Escogencia de panel

Con el fin de evaluar el dulzor equivalente del xilitol con respecto a la sacarosa se integraron grupos de personas representativas de la población, llamadas panel.

Los paneles estuvieron conformados cada uno por 25 personas mínimo, sin rango de edad, estudiantes y funcionarios de la Universidad de Costa Rica y personas fuera de la universidad interesadas en participar en el panel. Como único requisito se les pidió a todos los panelistas no consumir alimentos o bebidas una hora antes de efectuar la prueba para que los sabores residuales no influenciaran los resultados (Pedrero & Pangborn, 1989).

También se realizó una prueba de preferencia la cual estuvo compuesta por 100 consumidores de té y limonada, con las mismas condiciones mencionadas anteriormente, y se requirió que fueran usuarios frecuentes de estas bebidas, consumiéndolas como mínimo tres veces a la semana.

Cada panelista se ubicó en un cubículo por separado para que existiera independencia entre los jueces. Los cubículos contaban con luz blanca, asientos

confortables, y una altura y espacio de mesa apropiados. Las paredes y las superficies del laboratorio donde se efectuó la prueba tienen coloraciones neutras, en este caso color blanco.

En el laboratorio se contó con una buena ventilación, aire acondicionado y extractores con el fin de evitar olores que pudieran interferir y mantener una temperatura agradable al panelista.

Se mantuvo la limpieza del área de trabajo en todo momento para no influir negativamente en la motivación y disposición de los jueces.

El acceso y desalojo del área de evaluación se realizó de manera que los jueces no se comunicaran entre sí verbalmente o por medio de gestos.

4.3.2 Preparación de las muestras

Se prepararon disoluciones puras de sacarosa y xilitol y mezclas de sacarosa o xilitol con ácido cítrico o cafeína. Las sustancias fueron pesadas en una balanza granataria y luego se mezclaron con agua destilada en las cantidades correspondientes para obtener las concentraciones deseadas utilizando balones aforados. Para el caso de la cafeína se debió disolver primero, antes de incorporarla al balón, debido a su baja solubilidad y así poder obtener una muestra homogénea.

Para la prueba de preferencia se prepararon cuatro muestras, dos de limonada y dos de té, y en cada bebida, una muestra se endulzó con sacarosa y la otra con xilitol.

La limonada se preparó exprimiendo el jugo de limones y mezclándolo con agua destilada hasta obtener la concentración deseada que se decidió mediante pruebas preliminares.

Para el té se utilizaron 5 bolsas de té negro marca Lipton® por cada litro de agua. El agua se hirvió por 5 minutos, se introdujeron las bolsas de té y se dejaron reposar por 10 minutos antes de sacarlas, la infusión se mezcló con sacarosa o con xilitol.

Las cantidades de xilitol y sacarosa que se utilizaron se definieron por medio de ensayos de prueba y error hasta encontrar una concentración apropiada que se asemejara al dulzor normal de estas bebidas, y muy similar entre sacarosa y xilitol.

El área de preparación de las muestras era independiente del área de evaluación por lo que en ningún momento los jueces se percataron de qué tipo de muestras se les

estaba proporcionando. En esta área se hizo la evaluación en silencio para que el juez tuviera la mayor tranquilidad a la hora de realizar la prueba.

4.3.3 Presentación de las muestras

En las pruebas de estímulo constante, se presentaron 6 pares de muestras ordenadas en forma aleatoria, en bandejas plásticas, de tal manera que para un juez la muestra de xilitol apareció igual número de veces en la posición izquierda que en la derecha dentro del par, y de forma balanceada, es decir, que las diferentes concentraciones de xilitol aparecían igual número de veces en el primer par, segundo par, y así sucesivamente entre los 25 panelistas.

Las muestras estaban contenidas en vasos plásticos transparentes de una capacidad de 2 onzas, a temperatura ambiente. Los vasos se llenaron con 10 mL de muestra cada uno y se codificaron con números aleatorios de tres dígitos, como se puede observar en la figura 11.

Cada juez contaba con un vaso con agua para enjuagarse entre cada par de muestras y otro recipiente para expectorar, ya que las muestras solo se probaban y no se tragaban con el fin de evitar la fatiga sensorial y la saciedad.

El acceso de las muestras al área de evaluación se realizó a través de una ventanilla, la cual está diseñada de tal modo que el juez no podía ver hacia el área de preparación (figura 12).

Una vez entregadas las muestras al panelista se le cerraba la ventana para que evaluara las muestras con tranquilidad y al terminar encendían el interruptor interno para retirarles la bandeja.

El diseño que se siguió para la presentación de las diferentes muestras se explica en una sección posterior (4.3.5).



Figura 11. Presentación de las muestras para una prueba de estímulo constante



Figura 12. Acceso de las muestras al área de evaluación

4.3.4. Pruebas preliminares

Se llevaron a cabo las pruebas preliminares de las disoluciones a utilizar con el fin de encontrar la concentración adecuada en la cual los panelistas percibieran las distintas concentraciones de xilitol similares a la de sacarosa. Para ello se utilizó el mismo método empleado que para las pruebas definitivas que se explica en la sección 4.3.5; sin embargo, se evaluaron solamente con 3 o 5 jueces. De esta manera, unas concentraciones de xilitol fueron añadidas y otras eliminadas de la serie de las que se seleccionaron originalmente basándose en la literatura.

Las pruebas preliminares para las disoluciones binarias ácidas y amargas se efectuaron de la misma manera hasta encontrar una concentración de xilitol que fuera similar a la de sacarosa que se comparó.

También se realizaron estas pruebas para las bebidas de té y limonada correspondientes a la prueba de consumidores. Por el método de prueba y error, se fueron aumentando y disminuyendo concentraciones de sacarosa, limón o de té para así obtener un sabor agradable y luego se hizo la disolución homóloga con xilitol utilizando los resultados de las pruebas de estímulo constante para lograr bebidas equidulces.

4.3.5 Pruebas definitivas

Se utilizó una prueba de comparación pareada para medir la diferencia del sabor dulce entre cada uno de los pares de disoluciones de xilitol y sacarosa para las disoluciones puras y binarias.

Se presentaron series de 6 pares de muestras, cuidando que solo se distinguieran entre sí por la variable en estudio, siendo ésta los dos tipos de edulcorantes.

Para cada serie que se presentó se le pidió al panelista determinar cuál era la muestra más dulce por lo que siempre se exigió una decisión forzada para no permitir empates (anexo 1).

4.3.5.1 Dulzor equivalente en disoluciones puras

Se efectuaron 4 paneles para disoluciones puras de xilitol y sacarosa en donde las concentraciones de sacarosa utilizadas como referencia fueron de 4%, 7%, 11% y 13%.

Para medir la diferencia del sabor dulce se presentaron pares de disoluciones, una de xilitol y otra de sacarosa, en donde la disolución que se repite en cada par es la concentración de sacarosa. Se evaluaron 6 concentraciones diferentes de xilitol para cada concentración de sacarosa, por lo tanto, se mostraron 6 pares en forma aleatoria en una sesión

Las 4 pruebas se realizaron con las concentraciones que aparecen en el cuadro 8, en 4 sesiones diferentes.

Cuadro 8. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones puras

Concentración de sacarosa	Concentraciones de xilitol
4%	1,5% 3,0% 4,0% 6,0% 7,0% 7,5%
7%	4,5% 5,5% 7,0% 8,0% 9,5% 10,5%
11%	7,0% 8,0% 9,5% 10,5% 12,0% 14,0%
13%	9,0% 10,0% 12,0% 14,0% 15,5% 17,0%

4.3.5.2 Dulzor equivalente en disoluciones ácidas

Se realizaron 4 paneles para evaluar las disoluciones binarias de edulcorante con ácido cítrico a dos concentraciones diferentes de ácido: una baja de 0,0015 M y otra alta de 0,01M.

Las concentraciones de xilitol utilizadas para las disoluciones ácidas fueron las que aparecen en los cuadros 9 y 10, correspondientes a cada concentración estándar de sacarosa.

Cuadro 9. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones de ácido cítrico en concentración baja

Concentración de sacarosa en disolución de ácido cítrico al 0,0015M	Concentraciones de xilitol en disolución de ácido cítrico al 0,0015M
4%	3,0% 4,0% 6,0% 7,0% 7,5% 8,5%
7%	6,0% 7,0% 8,0% 10,0% 11,5% 12,5%
11%	8,0% 9,5% 11,0% 12,0% 14,0% 16,0%
13%	12,0% 14,0% 15,0% 16,0% 17,0% 18,5%

Cuadro 10. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones de ácido cítrico en concentración alta

Concentración de sacarosa en disolución de ácido cítrico al 0,01M	Concentraciones de xilitol en disolución de ácido cítrico al 0,01M
4%	3,0% 4,0% 6,0% 7,0% 7,5% 8,5%
7%	6,0% 7,0% 8,0% 10,0% 11,5% 12,5%
11%	8,0% 9,5% 11,0% 12,0% 14,0% 16,0%
13%	12,0% 14,0% 15,0% 16,0% 17,0% 18,5%

4.3.5.3 Dulzor equivalente en disoluciones de amargo y dulces

Se realizaron 4 paneles para evaluar las disoluciones binarias de edulcorante con cafeína a dos concentraciones diferentes: una concentración baja de 0,5g/L y otra alta de 1,0g/L.

Las concentraciones de xilitol utilizadas para las disoluciones amargas aparecen en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones de cafeína en concentración baja

Concentración de sacarosa en disoluciones de cafeína al 0,5g/L	Concentraciones de xilitol en disoluciones de cafeína al 0,5g/L
4%	1,5% 3,0% 4,0% 5,0% 6,0% 8,0%
7%	4,0% 6,0% 7,0% 8,0% 9,0% 11,0%
11%	9,0% 10,0% 11,0% 12,0% 14,0% 16,0%
13%	10,0% 11,0% 13,0% 15,0% 16,0% 17,0%

Cuadro 12. Concentraciones de xilitol y de sacarosa correspondientes a disoluciones de cafeína en concentraciones altas

Concentración de sacarosa en disoluciones de cafeína al 1,0/L	Concentraciones de xilitol en disoluciones de cafeína al 1,0g/L
4%	1,5% 3,0% 4,0% 5,0% 6,0% 8,0%
7%	4,0% 5,0% 6,0% 8,0% 10,0% 12,0%
11%	9,0% 10,0% 11,0% 12,0% 14,0% 16,0%
13%	10,0% 11,0% 13,0% 15,0% 16,0% 17,0%

4.3.5.4 Prueba de aceptación

En la elaboración de la limonada se utilizaron concentraciones de jugo de limón al 10%, un 8,2% de sacarosa y 11,4% xilitol. Para preparar el té se usaron concentraciones de sacarosa del 6,0% y de xilitol de 8,0%.

Se realizó un panel utilizando 100 consumidores a los que les agradaran las bebidas ácidas y amargas para poder llevar a cabo una mejor evaluación del producto.

La prueba de consumidores se realizó utilizando una prueba de preferencia y se presentaron dos muestras en cada bandeja, como se puede observar en la figura 13. Una fue endulzada con sacarosa y otra con xilitol a la concentración que se encontró era equidulce con la sacarosa y que se mencionó al inicio de esta sección. La hoja de respuestas consistía en preguntar cuál de las dos bebidas preferían, o si preferían ambas, y un espacio al final en donde podían agregar algún comentario sobre las muestras (anexo 2).

La mitad de los consumidores primero evaluaron el té y seguidamente se introducía la bandeja con la muestra de limonada, y la otra mitad evaluaron primero la limonada y luego el té.

Los panelistas probaron las muestras de izquierda a derecha expectorándolas y seguidamente se enjuagaban dos veces con agua destilada antes de pasar al segundo par.

Entre cada bandeja se les daba unos minutos para descansar y debían enjuagarse con agua para evitar que se mezclaran los sabores con la siguiente bebida.



Figura 13. Presentación de las muestras para la prueba de preferencia

4.3.6 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos en cada uno de los paneles realizados, ya que es un apoyo fundamental en la comprensión de la información que se genera mediante la prueba sensorial (Pedrero & Pangborn, 1989).

Para el método de estímulo constante se evaluaron los resultados graficando los datos obtenidos de las hojas de respuestas. Estos datos se grafican colocando en el eje Y el porcentaje de jueces que escogieron el xilitol como la muestra más dulce en cada par, y en el eje X la concentración de sacarosa correspondiente. De esta forma se construye una curva psicométrica con el fin de encontrar el punto de igualdad subjetiva (PIS), el cual según la literatura es el valor correspondiente al 75% de las personas que escogieron el xilitol como el más dulce, en una comparación pareada. Al utilizarse una comparación pareada, la probabilidad de escoger la muestra con xilitol al azar es de 50%, lo que se considera un cero por ciento de percepción ya que si se escoge al azar el xilitol es porque no se distingue de la sacarosa. Por lo tanto, el 50% de las veces que el xilitol se percibe como más dulce que la sacarosa sería el 50% entre 50% y 100% de las veces que se escoge xilitol en la comparación pareada, lo que resulta en un 75%. Se generó la curva de mejor ajuste y se interpoló el 75% y se obtuvo la concentración de xilitol que correspondía al dulzor equivalente de la concentración de sacarosa utilizada. Para comparar ecuaciones se contó también con el coeficiente de correlación, r , el cual permitió analizar el nivel de relación entre las dos variables, indicando un valor de 1 una correlación perfecta y 0 que no hay relación alguna.

En el caso de la prueba de preferencia, se tabularon los datos de los 100 consumidores, como se observa en el anexo 3, marcando en una casilla si el evaluador prefería la muestra 1, la 2 o si prefería las 2, luego se contabilizaron las preferencias y se utilizó una prueba de chi-cuadrado para la evaluación de los datos.

La distribución de chi-cuadrado se publica en tablas (O'Mahony, 1982), las cuales muestran sus valores para algunas combinaciones de probabilidades para varios grados de libertad. Si el valor calculado es mayor que el valor teórico (tablas) en un cierto nivel de significancia y para el grado de libertad apropiado, se concluye que la distribución observada no es semejante a la esperada y comúnmente se dice que "hay diferencia significativa" (Pedrero & Pangborn, 1989).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Dulzor equivalente

Para medir el dulzor relativo del xilitol con respecto a la sacarosa en disoluciones puras se utilizó el método de comparación pareada para una serie de concentraciones, el cual es el más exacto en cuanto a los resultados que brinda para comparaciones directas entre dos estímulos (Stone & Oliver, 1969).

A la hora de realizar las pruebas, los jueces no tuvieron problemas adaptándose a la prueba ya que no se requería de muchas instrucciones. Sin embargo, se observó que dentro de sus limitaciones se requiere efectuar varias repeticiones para cada juez en el caso de querer tener validez estadística.

5.2 Dulzor relativo del xilitol con respecto a la sacarosa en disoluciones puras

Al realizarse las pruebas de comparación de dulzor para disoluciones de sacarosa y xilitol, siendo la sacarosa el patrón, a una concentración específica, y las concentraciones de xilitol el parámetro independiente, se encontró que se requiere una mayor concentración de xilitol que de sacarosa para alcanzar el mismo dulzor en las disoluciones modelo, y este comportamiento se dio a cualquier concentración de sacarosa que se usó de referencia (anexo 4).

Esto significa que para una concentración específica de sacarosa se requirió una mayor cantidad de xilitol para obtener la misma percepción de dulzor. Este resultado difiere de la teoría ya que el poder endulzante del xilitol es generalmente aceptable e igual al del azúcar de mesa (Counsell, 1978).

Sin embargo, su dulzor comparado con la sacarosa puede variar de 0,85 a 1,25 veces dependiendo del pH, concentración, temperatura, concentración salina y otros factores. Así por ejemplo, a una concentración del 10%, el xilitol es igual en dulzor a una disolución al 10% de sacarosa, por encima del 10% es más dulce y por debajo de éste valor es menos dulce; por lo que dándole un valor arbitrario de 100 al poder endulzante de la sacarosa, le correspondería entre 85 y 125 al xilitol (Emodi, 1978).

Al realizar las pruebas se procuró mantener constantes todas las variantes que pudieran influir en el dulzor para que fuera éste la única característica que los diferenciara, y aún así se obtuvo una menor capacidad edulcorante del xilitol en comparación con la sacarosa. Esto se observa en las figuras 14, 15, 16 y 17 donde para todas, aproximadamente el 15% de los panelistas la identificaron fácilmente como más dulce que el xilitol.

Se observó que para todas las concentraciones analizadas de disoluciones puras de azúcar, el dulzor relativo del xilitol aumentó al ir aumentando la concentración de sacarosa (anexo 4), en una relación lineal (figuras 14, 15, 16 y 17), lo cual es un patrón similar para todos los azúcares y concuerda con la literatura analizada.

En la figura 14 se determinó que el punto de igualdad subjetiva (PIS) para el xilitol correspondió a 6,02% para equiparar el del 4% de sacarosa.

Se observa que para un valor cercano al 4% de xilitol aproximadamente un 30% de los panelistas consideraron que este sabor era más dulce que la sacarosa, por lo que se comprueba que el dulzor del xilitol no fue igual al de la sacarosa como lo reporta Voirol, (1978).

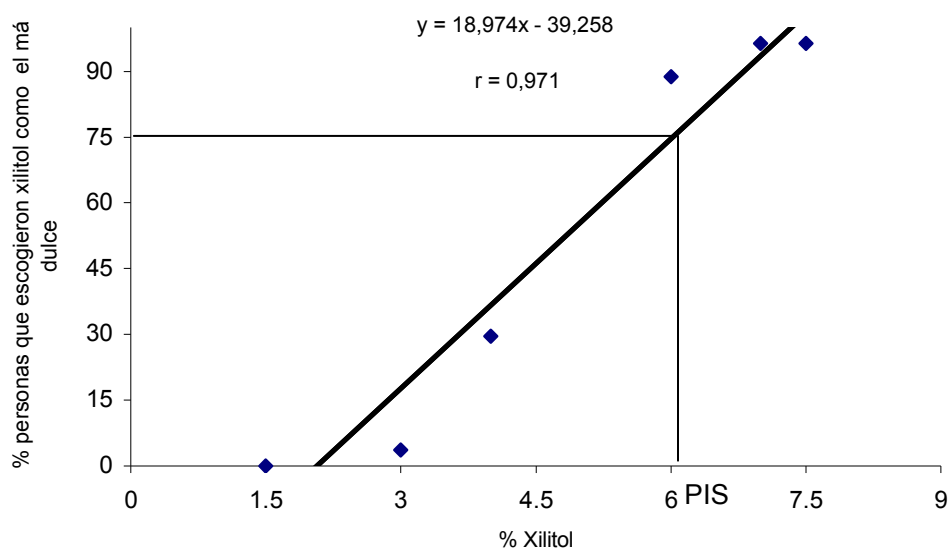
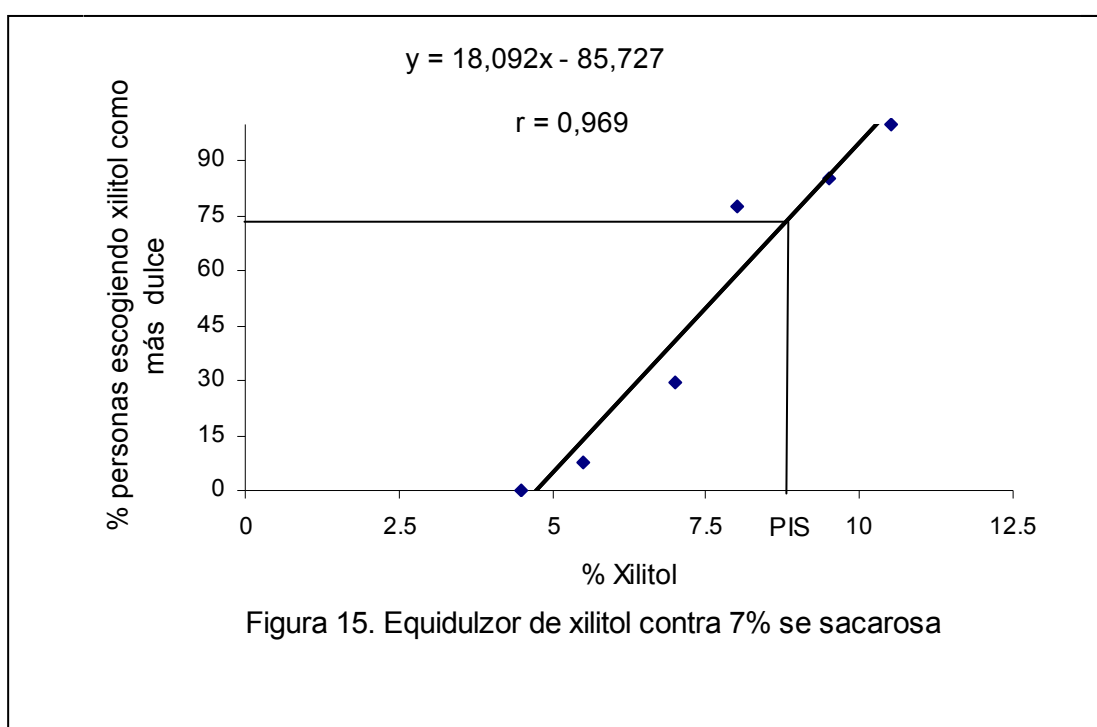


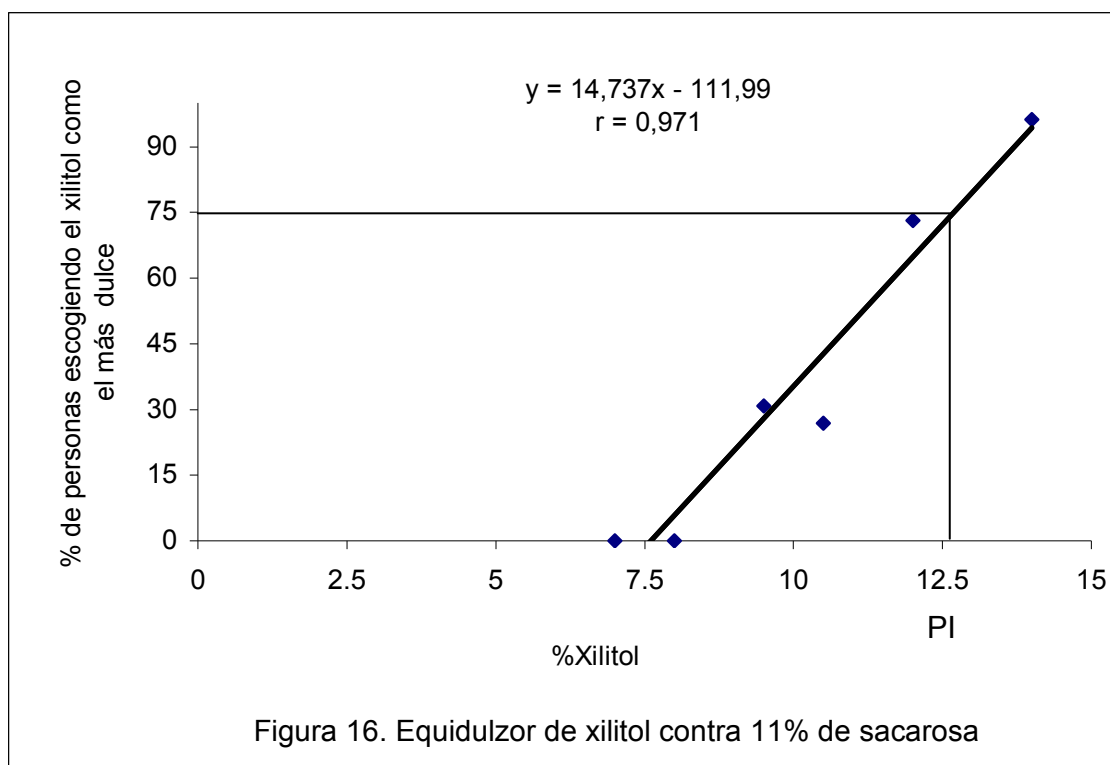
Figura 14. Equidulzor de xilitol contra 4% de sacarosa

De la figura 15 se obtiene una equivalencia del 8,88% para el xilitol al compararlo contra una disolución del 7% de sacarosa.

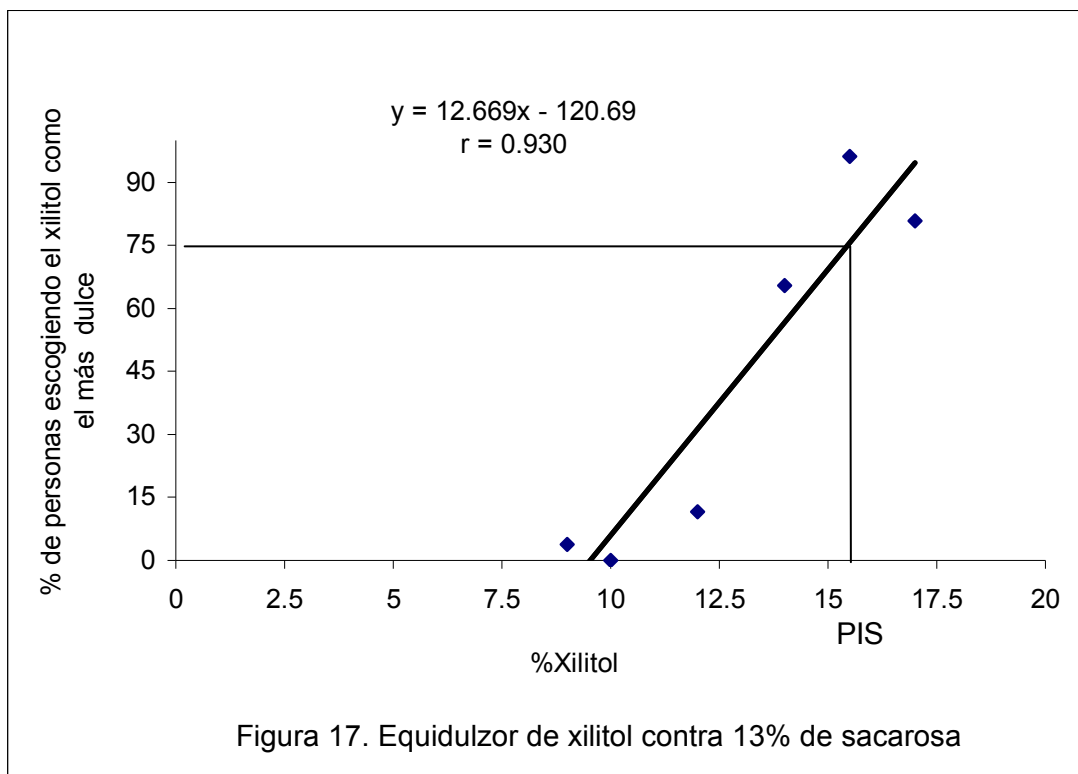
Se puede observar que para concentraciones bajas de xilitol y cercanas al 7%, por ejemplo, 5,5% o 7%, menos de un 30% de los panelistas detectaron este sabor como el más dulce, dejando nuevamente en evidencia que para esta población estudiada el dulzor del xilitol no es igual al de la sacarosa como se reporta en otros estudios (Yamaguchi *et al.*, 1970; Hyvönen *et al.*, 1977).



Al evaluar el equidulzor del xilitol contra un 11% de sacarosa (figura 16), se obtuvo un PIS correspondiente a 12,69%, identificándose fácilmente las concentraciones bajas como menos dulces (7,0%, 8,0%), inclusive las dos siguientes concentraciones en orden creciente y cercanas al valor analizado (9,5% y 10,5%) obtuvieron valores que reflejan una fácil discriminación por parte del panelista para reconocerlas como menos dulces en comparación con la sacarosa; se puede observar como un 45% de participantes encontraron las disoluciones del 11% de xilitol menos dulces, no coincidiendo nuevamente con lo reportado en la literatura.



Para la comparación del equidulzor del xilitol y la sacarosa al 13%, se encontró un PIS de 15,45% (figura 17); sin embargo, se puede observar que para una concentración de 14% de xilitol un 65% de los panelistas lo habían identificado como el más dulce con respecto al 13% de sacarosa utilizado como patrón, un patrón similar al encontrado para 7% y 11% de sacarosa como muestra de referencia. Estas diferencias en el equidulzor del xilitol y la sacarosa con lo reportado en la literatura puede deberse al método utilizado y a la población en estudio (Lawless & Heymann, 1999). En este caso se utilizó una comparación pareada con la prueba de estímulo constante y no necesariamente fue la metodología seguida en otros estudios, que lamentablemente no mencionan el método aplicado.



5.3 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas ácidas

Al realizar los paneles para evaluar el efecto del sabor ácido en mezclas dulces, se encontró que se necesita una mayor cantidad de xilitol para equiparar el dulzor de la sacarosa, siendo estos valores más elevados que para las disoluciones puras (anexo 4).

Esto se debe, según estudios anteriores, a que el dulzor relativo del xilitol se ve ligeramente reducido en disoluciones ácidas (Hyvönen *et al.*, 1978). Por lo tanto, si se tiene en cuenta que para las disoluciones puras, a concentraciones específicas, el xilitol presentaba menor dulzor que la sacarosa, al verse éste reducido por el efecto del ácido se va a requerir una cantidad aún mayor de xilitol para igualar el dulzor de la sacarosa.

Como no se sabía si el ácido afectaría el dulzor del xilitol, se quiso determinar si la intensidad de la acidez también ejercía algún efecto y se analizó a una concentración baja y a una concentración alta de ácido cítrico, cuyos resultados se discuten a continuación.

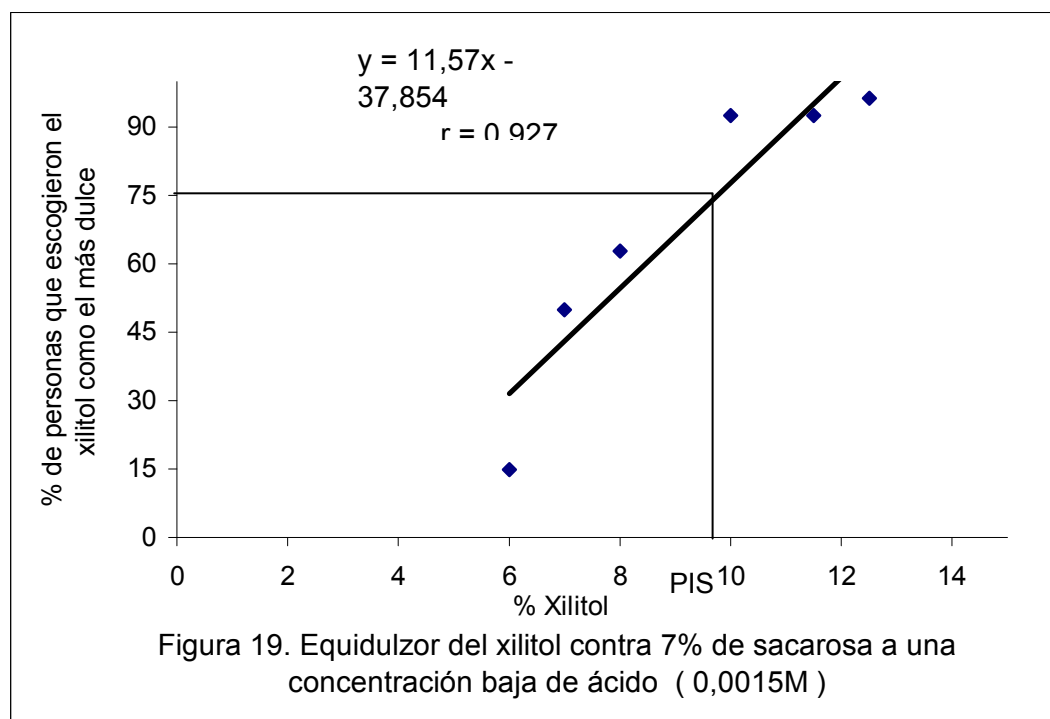
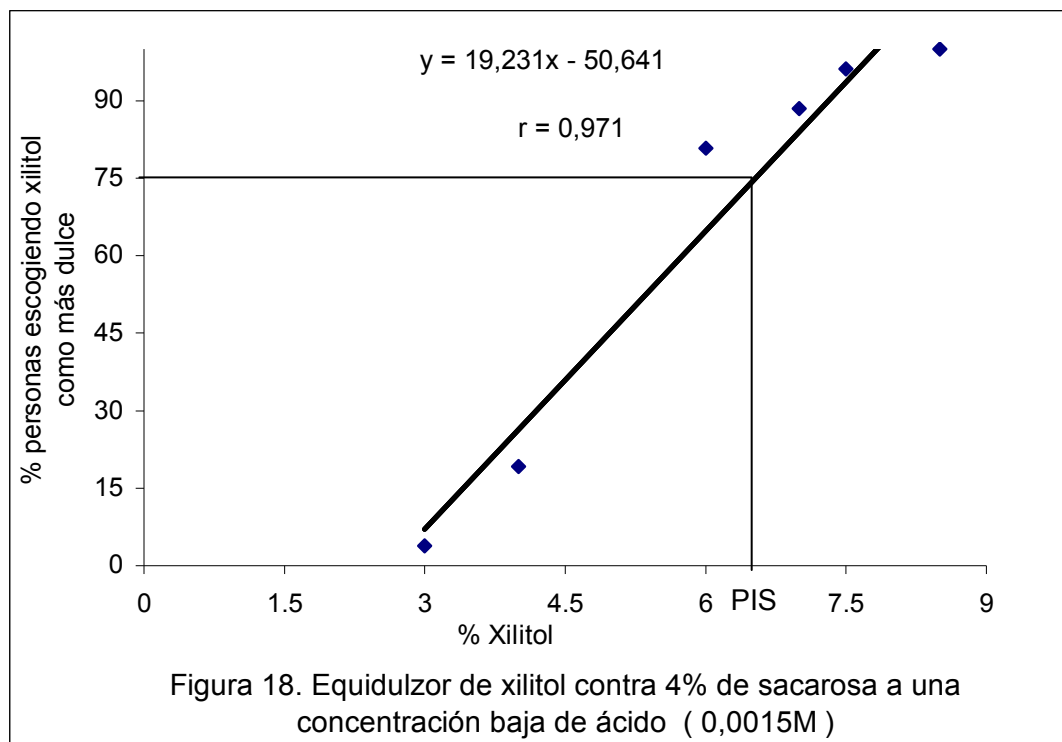
5.3.1 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas a una baja concentración ácida

En los alimentos y medicamentos es de suma importancia conocer las interacciones que se presentan en las mezclas porque esto determina su aceptación o rechazo por parte de los consumidores, especialmente cuando están destinados a niños. El efecto de enmascaramiento de la acidez por el dulzor de los azúcares tiene un doble rol en las bebidas. Por un lado decrece la intensidad de la acidez y por otro agrega una sensación agradable que tiene un impacto favorable sobre las preferencias de los consumidores (Lawless, 1977), de ahí que sea importante medir el efecto del enmascaramiento con el xilitol.

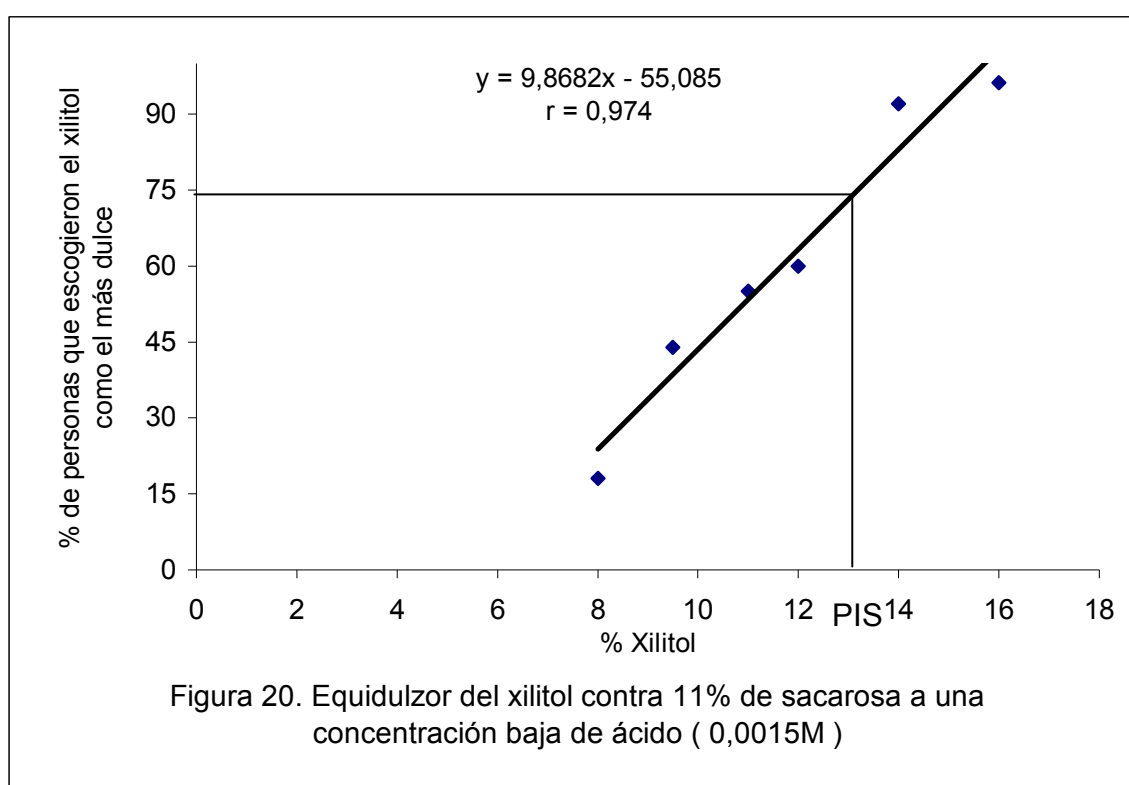
Para el 4% de sacarosa se encontró un valor de 6,53% correspondiente al xilitol. En la figura 18 se puede observar que para concentraciones bajas de dulzor al panelista se le facilitó mucho la detección de cuál de las dos disoluciones evaluadas era la más dulce sin presentar confusión, ya que un porcentaje muy bajo de los individuos encontró el xilitol a bajas concentraciones más dulce que la sacarosa al 4%. El comportamiento que se observó al evaluar el 7% de sacarosa fue un poco diferente ya que a la concentración más baja de xilitol no hubo confusión con la sacarosa y en las siguientes dos concentraciones más bajas y cercanas al 7% de xilitol se presentó que el 50% de los individuos las encontraban como más dulces que la sacarosa al 7%, lo que indica que no lograban diferenciar entre el xilitol y sacarosa; su escogencia se definió al azar. En este caso se obtuvo una concentración de 9,75% de xilitol como equivalente al 7% de sacarosa.

En ambos casos, 4 y 7% de sacarosa, no se observa enmascaramiento mayor al que sufrió la sacarosa por parte del ácido, ya que los valores correspondientes a las disoluciones puras fueron muy similares a los de estas mezclas (Anexo 4).

El enmascaramiento o supresión es un fenómeno donde la intensidad percibida de dos gustos en una mezcla es menor que la percibida cuando se prueban por separado, a la misma concentración (Lawless & Heymann, 1999). Muchos estudios han demostrado un similar patrón de supresión de la acidez por parte del dulzor (Bonnans, & Noble, 1993; McBride, 1989; McBride & Finland, 1989; Schifferstein & Frijters, 1990; 1991).



En la figura 20 se aprecia un 13,12% como valor para el xilitol equivalente a un 11% de sacarosa, el cual es muy similar al 12,69% alcanzado en disoluciones puras con respecto al 11% de sacarosa. Esto confirma que el efecto del ácido no fue muy significativo en este caso. Se observa una gran variabilidad de los datos entre el 8% y el 12% aproximadamente de xilitol, lo que significa que estos fueron los rangos donde ocurrió mayor confusión al momento de decidir cuál de las dos muestras presentadas era la más dulce debido a que la cercanía del rango dificulta la toma de decisiones.

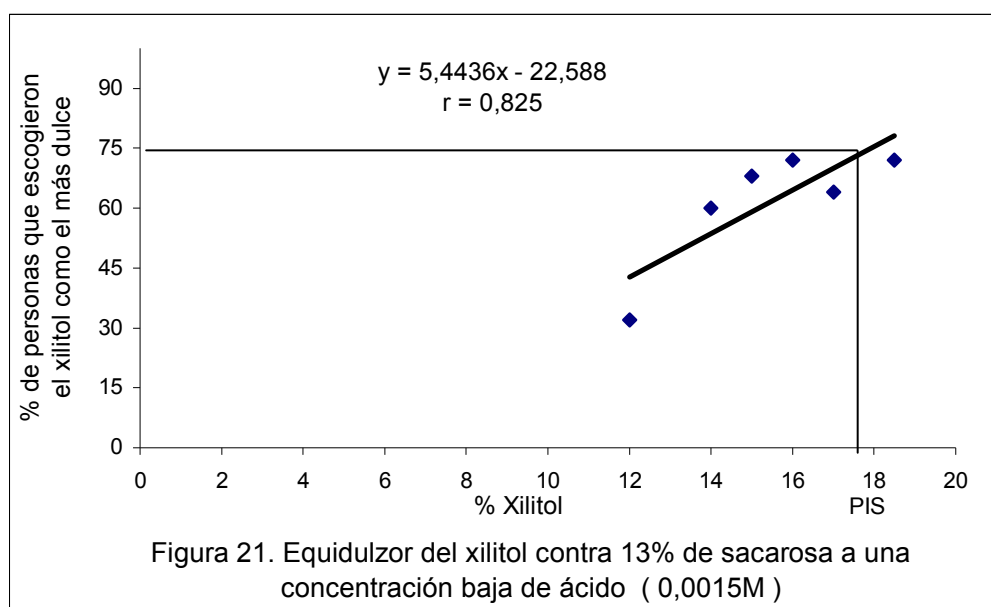


Al evaluar la concentración de sacarosa al 13% (figura 21) se encontró un valor correspondiente a 17,93% para el xilitol, lo cual fue una diferencia muy grande con respecto a la disolución pura de xilitol (anexo 4); por lo que se podría aseverar que el ácido afectó la mezcla analizada provocando un enmascaramiento mayor y, por lo tanto, se necesitan concentraciones más altas de xilitol para poder evocar una sensación de dulzor similar al 13% de sacarosa en comparación con ácido.

Estos resultados están de acuerdo con algunos autores, como Pelletier *et al.* (2004), quienes reportaron que, si bien se encuentra una alta variabilidad en los resultados de distintos investigadores con respecto al efecto del ácido sobre el dulzor, la supresión es lo más comúnmente encontrado.

Esta condición se presentó en los casos en que se evaluaron las concentraciones altas, específicamente la del 13% de sacarosa, ya que se necesitaron cantidades mucho mayores de xilitol para alcanzar el PIS en comparación con las disoluciones puras, lo que hace pensar que el ácido está enmascarando el sabor dulce en mayor medida de lo que enmascaró el dulzor de la sacarosa (anexo 4).

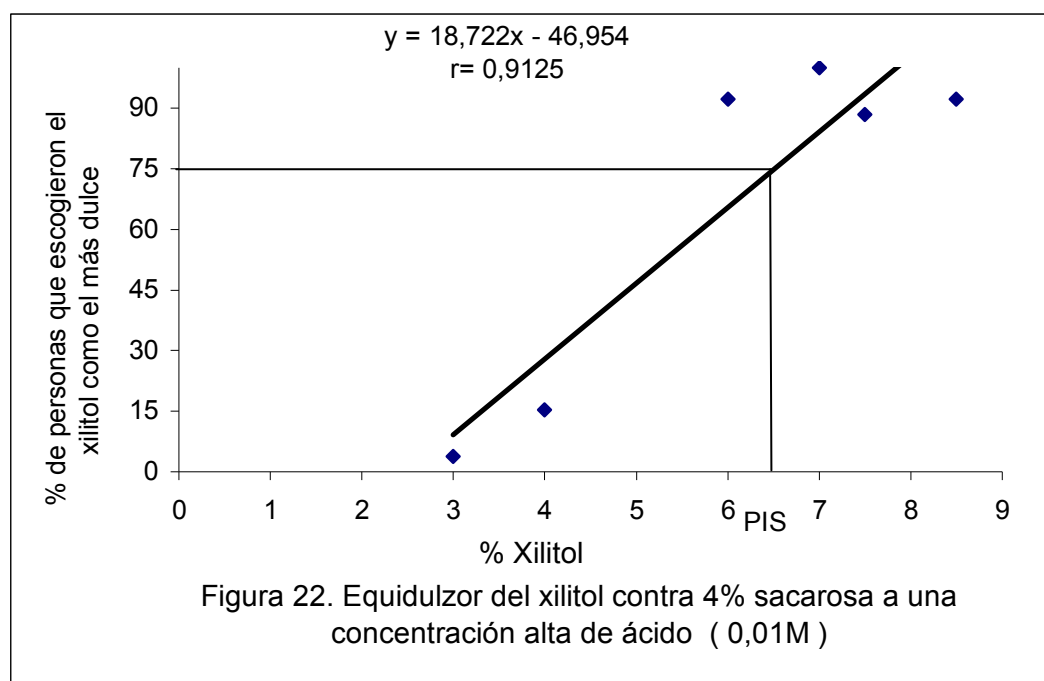
Se puede observar una distribución muy poco homogénea de los datos (figura 21) ya que las concentraciones utilizadas fueron las mismas que para su evaluación en disoluciones puras y no era el ámbito correcto a usar en la mezcla ácido-xilitol. Al presentarse el enmascaramiento, las concentraciones más bajas de xilitol fueron fácilmente detectadas como menos dulces y no representaron ninguna confusión para el panelista, un porcentaje muy bajo de panelistas escogió la concentración más baja de xilitol como más dulce que la sacarosa, pero las concentraciones más altas de xilitol se confundieron con las de sacarosa y no se percibieron más dulces, que era lo que se esperaba. En este caso se debió incluir en la prueba concentraciones muchísimo más elevadas para obtener un gráfico mejor distribuido y que la discriminación de las muestras por parte del panelista tuviera menor confusión.

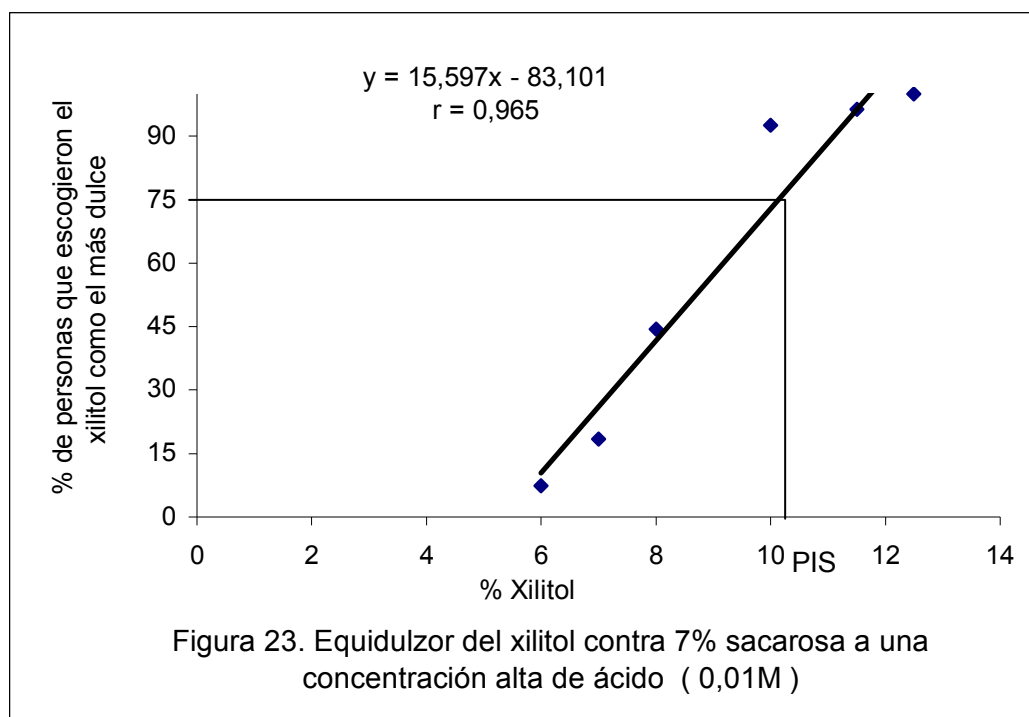


5.3.2 Dulzor relativo del azúcar y el xilitol en mezclas a una alta concentración ácida

Al evaluar el azúcar y xilitol en mezclas utilizando una mayor cantidad de ácido (0,01 M) se observó el mismo efecto que en mezclas a baja concentración de ácido, con la salvedad que en este caso la concentración del 11% de sacarosa presentó un mayor enmascaramiento por parte del ácido que el que sufrió la sacarosa.

En las figuras 22 y 23 se observa un comportamiento muy similar en donde hay un distribución balanceada de los datos y se encontraron concentraciones para el xilitol de 6,51% y 10,14% (anexo 4) para alcanzar un dulzor relativo de 4% y 7% de sacarosa, respectivamente. Estos valores concuerdan con sus semejantes para disoluciones con baja concentración de ácido o sin ácido (disoluciones puras) (anexo 4), por lo que nuevamente se concluye que a bajas concentraciones de edulcorantes no se presentó un enmascaramiento del dulce por el ácido diferente al que se dió en las disoluciones binarias con sacarosa.



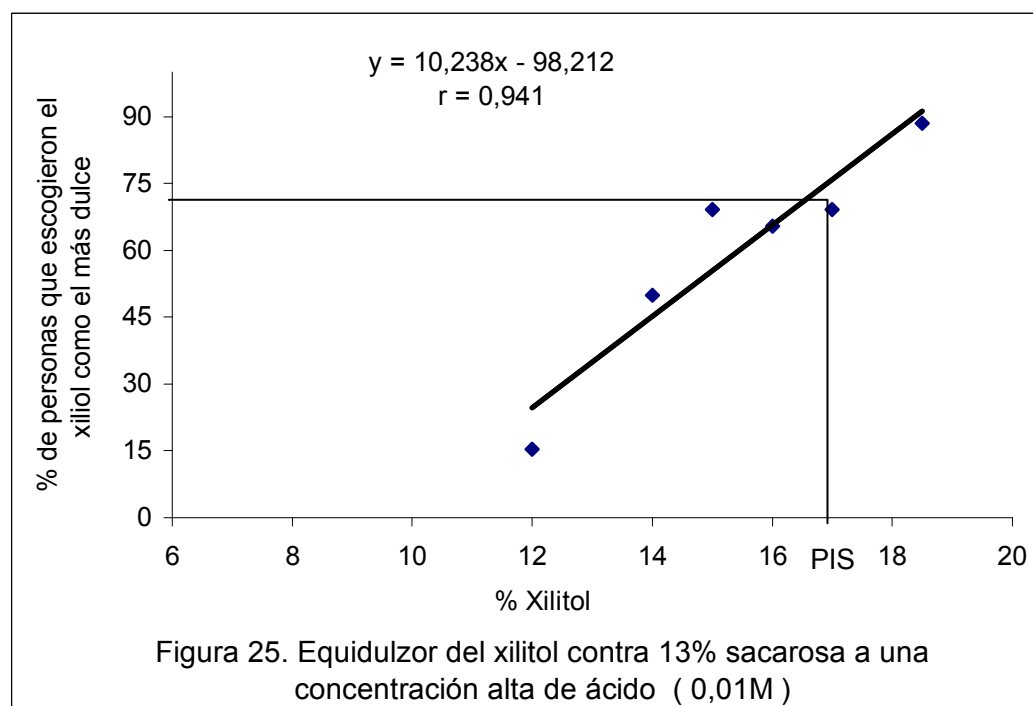
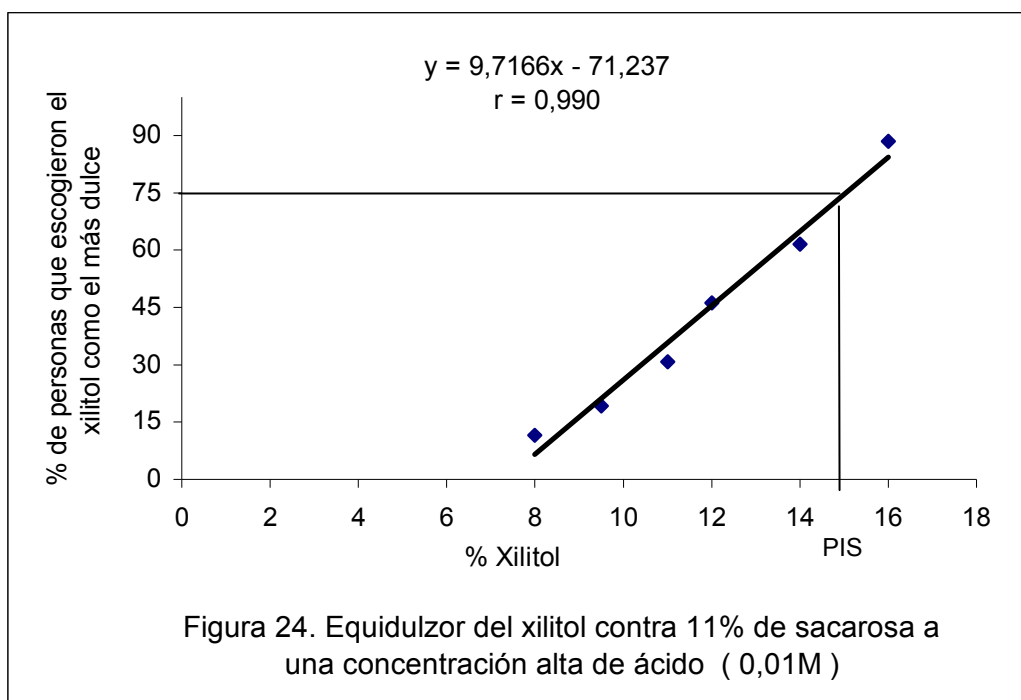


A mayores concentraciones de sacarosa se vio un efecto drástico de enmascaramiento por parte del ácido a concentración alta, ya que las cantidades necesarias de xilitol fueron muy elevadas si se comparan con las requeridas en disoluciones puras (anexo 4).

Se obtuvo un valor de 15,05% para el equidulzor del xilitol con respecto al 11% de sacarosa y de un 16,92% para el 13% respectivo (anexo 4).

Por lo tanto, la acidez ejerció un efecto sobre el dulzor del xilitol diferente al que ocurre sobre el de la sacarosa y dependió de la intensidad de esa acidez.

Se debe recordar que tanto las disoluciones con sacarosa como con xilitol sufrieron enmascaramiento del dulzor por parte del ácido; sin embargo, al requerirse mayor cantidad de xilitol para equiparar el dulzor de la sacarosa en presencia de ácido implica que el enmascaramiento fue mayor para el xilitol que para la sacarosa. Este dato es importante en los casos en los que se vaya a utilizar el xilitol como edulcorante en lugar de sacarosa en alimentos ácidos.



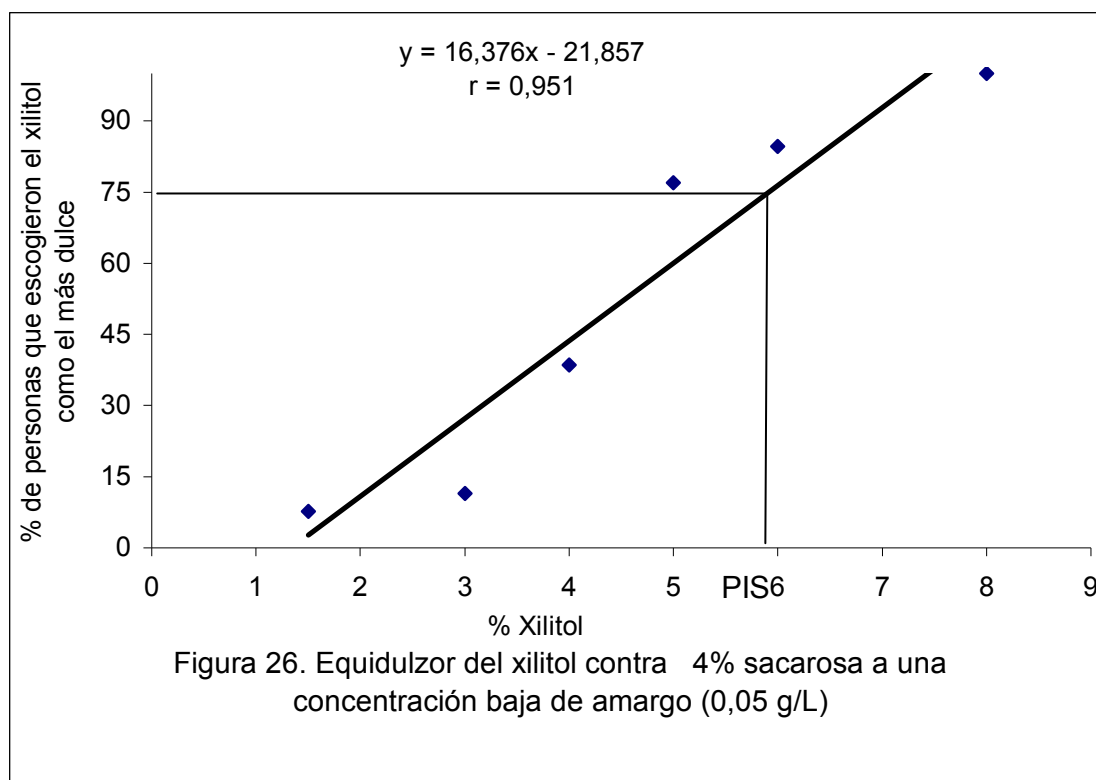
5.4 Dulzor equivalente en disoluciones binarias en mezclas de amargo y dulce

El dulzor de las mezclas de amargo y dulce fue afectado en forma similar para las disoluciones con sacarosa y con xilitol por la adición de la cafeína ya que se obtuvieron valores muy similares a las de las mezclas de disoluciones puras (anexo 4). Este efecto podría deberse a que el sabor dulce se percibe primero que el amargo, ya que la sacarosa es hidrosoluble mientras que la cafeína lo es en menor grado, lo que podría provocar que la sacarosa se disuelva más rápido en la saliva que la cafeína.

Según estudios realizados en muestras de vino, el sabor dulce es el primero en ser percibido de forma instantánea; sin embargo, no es muy persistente ya que desaparece al cabo de unos 10 segundos aproximadamente; por otro lado, el amargor tarda más en percibirse por el paladar aunque a diferencia del dulzor sí se mantiene durante más tiempo (Cacho, 2003). Esto podría indicar que la asimilación de estos dos sabores es afectada por el tiempo que se mantengan en la boca, lo que puede influenciar el resultado obtenido por cada uno de los panelistas.

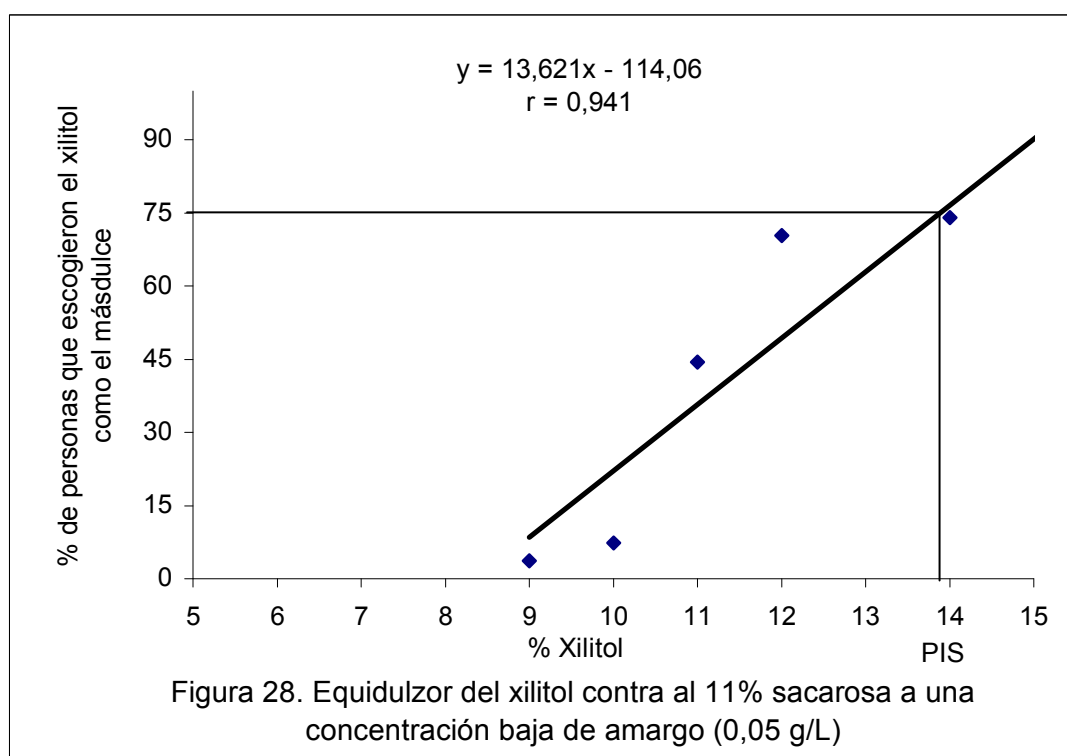
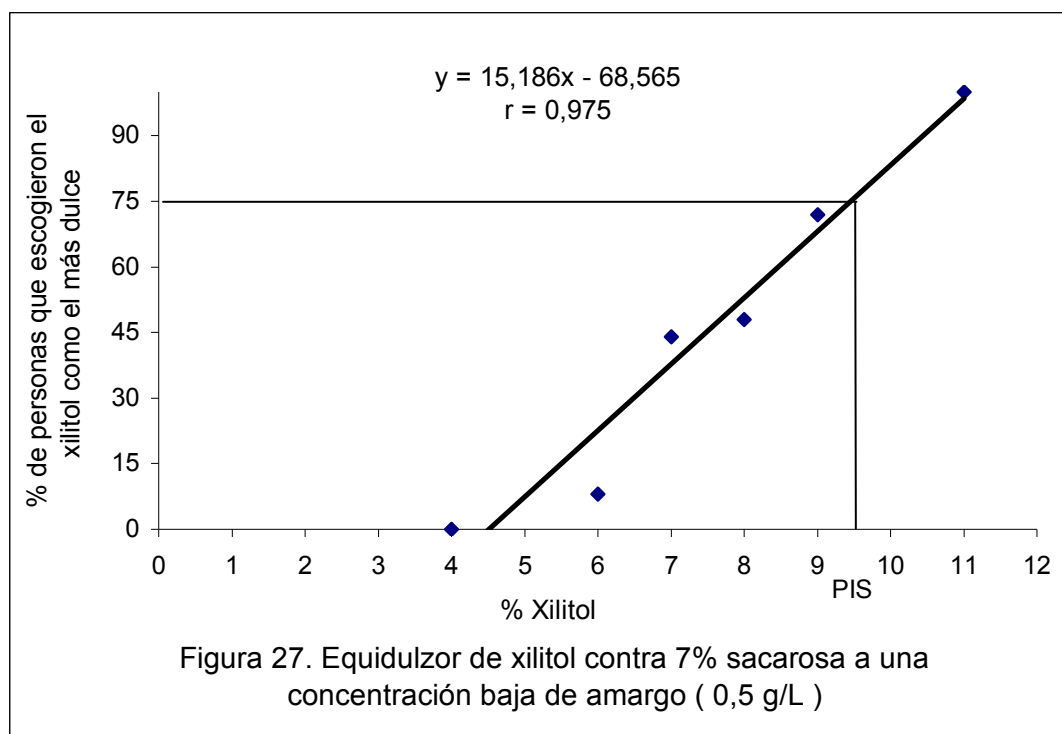
5.4.1 Dulzor equivalente de xilitol en disoluciones binarias con una baja concentración de amargo (0,5 g/L)

En la figura 26 se puede observar un valor de 5,91% para el xilitol en comparación a un 6,02% en disoluciones puras para una concentración de sacarosa del 4% (anexo 4), en donde se obtuvo una distribución homogénea de los datos.



En las figuras 27 y 28, donde se compara el xilitol con un 7% y 11% de sacarosa, se alcanzaron valores equivalentes de 9,45% y 13,88% de xilitol, respectivamente. En la figura 27 se observa que la mayor variabilidad de datos se encontró entre 7 y 8% de xilitol, lo que implica que la intensidad del sabor entre las muestras era muy semejante y ocasionaba confusión con la muestra de sacarosa.

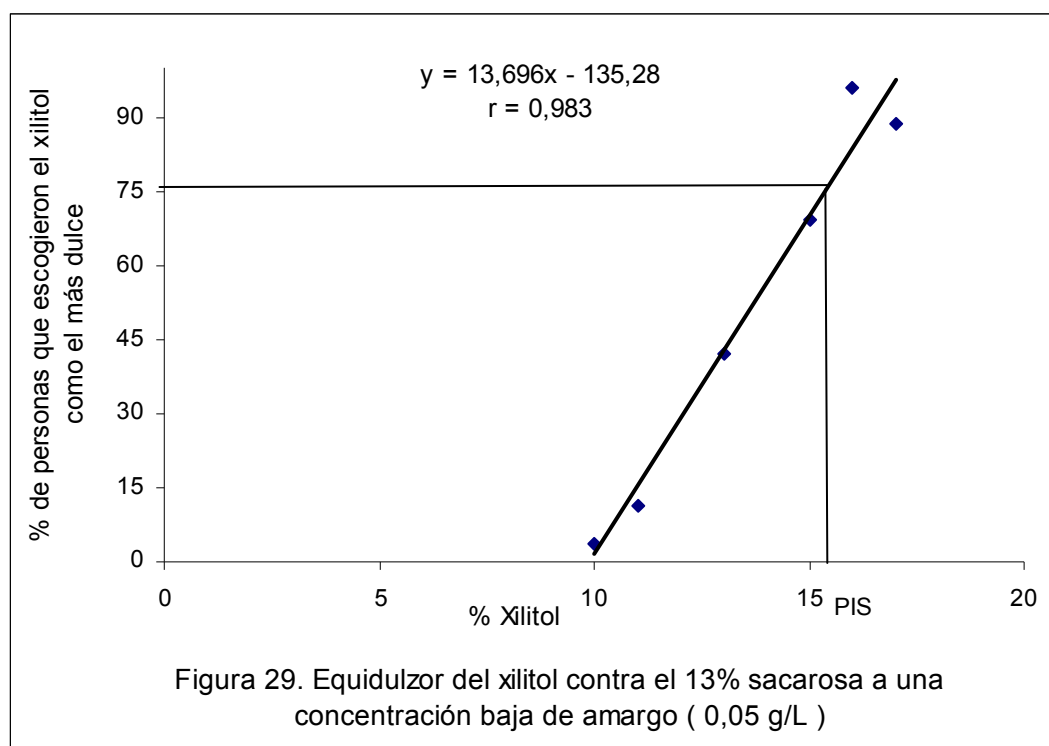
En el caso de la figura 28, igual que en la evaluación de la mezcla dulce y ácida a alta concentración comparada con un 11% de sacarosa, se debió utilizar porcentajes de xilitol mayores a los usados para lograr una mejor curva de ajuste.



En la figura 29 se observa que al evaluar la concentración de 13% de sacarosa a baja concentración de amargor se obtuvo un valor de 13,88% para el xilitol, el cual fue menor que el obtenido en disolución pura (anexo 4). En este caso se podría pensar que la cafeína enmascara en mayor grado la sacarosa que el xilitol y por eso el valor equivalente de xilitol fue menor que en disolución pura. Este comportamiento fue similar al observado en las mezclas ácidas y dulces comparadas con sacarosa al 13%. Es interesante observar que el enmascaramiento se dio a concentraciones de xilitol y sacarosa altas (11% y 13% de sacarosa), lo que puede hacer pensar que el mecanismo de enmascaramiento del xilitol podría diferir en parte del de la sacarosa.

Según Illy & Vianni (1995), la sacarosa reduce el amargor en el café regular, haciendo que su adición sea de relevancia significativa en estas bebidas. También se cuenta con la información documentada por Pangborn (1982) en donde se indica que la percepción sensorial del amargo decrece con la adición de sacaros.

a, en donde, se debe tomar en cuenta que el dulzor de la sacarosa sigue siendo el mismo ya sea en disolución pura o en mezclas, sin embargo, en éstas últimas se enmascara su intensidad haciéndolo parecer menos dulce.



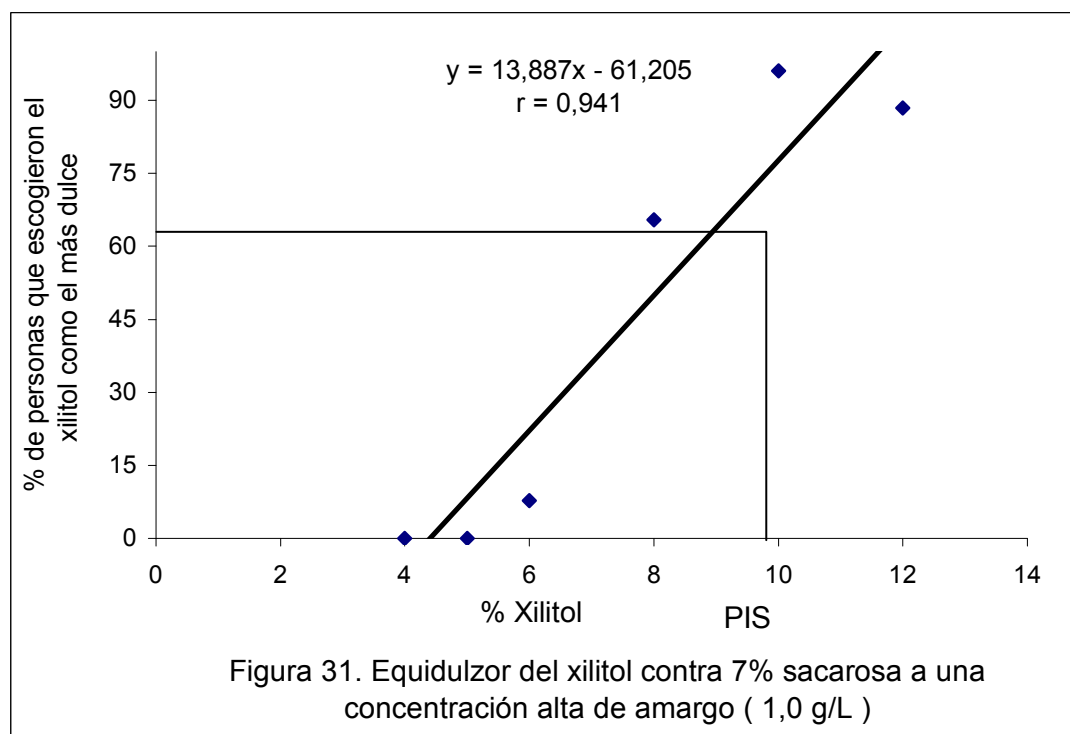
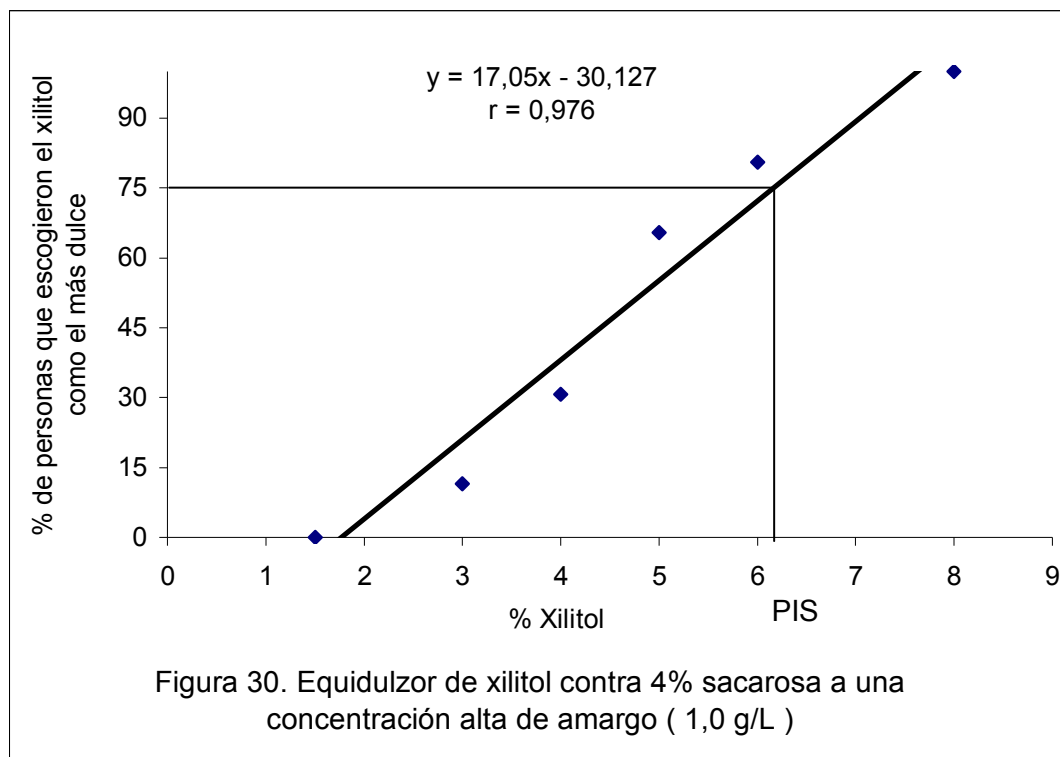
En este caso no se midió la intensidad del amargor en las muestras y no se podría comparar con este dato; sin embargo, el hecho de que el amargor se reduzca produce a la vez la sensación de mayor dulzor y esta puede ser la razón por la que el xilitol parece que sufrió menor enmascaramiento que la sacarosa, porque el amargor podría haber disminuido más que con la sacarosa.

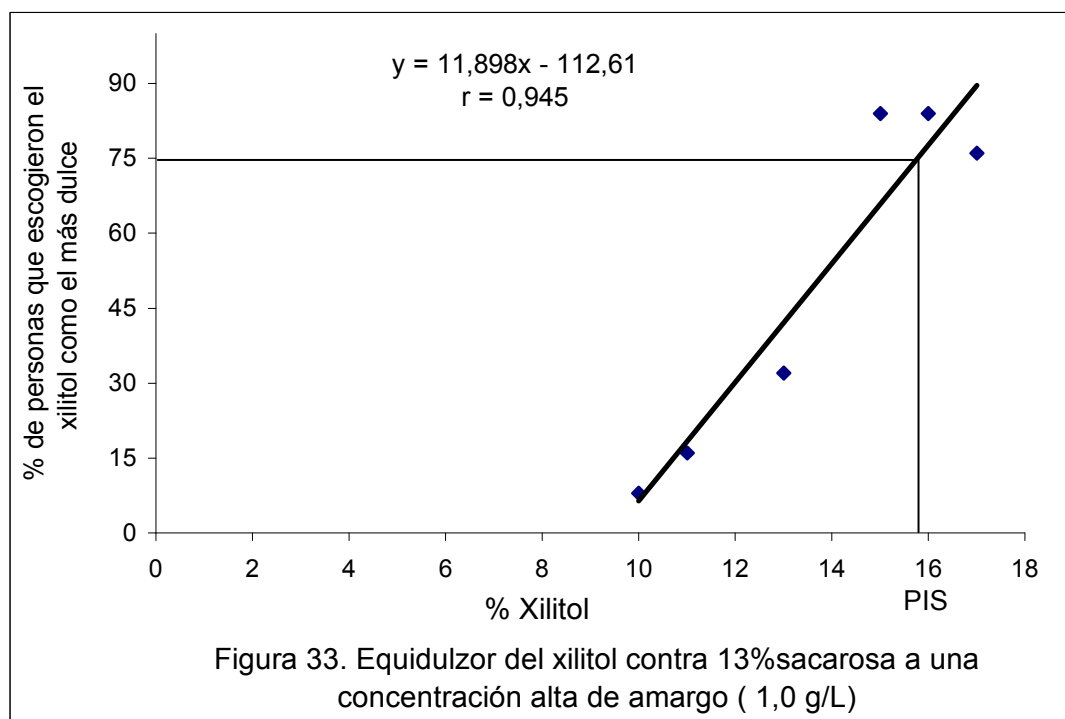
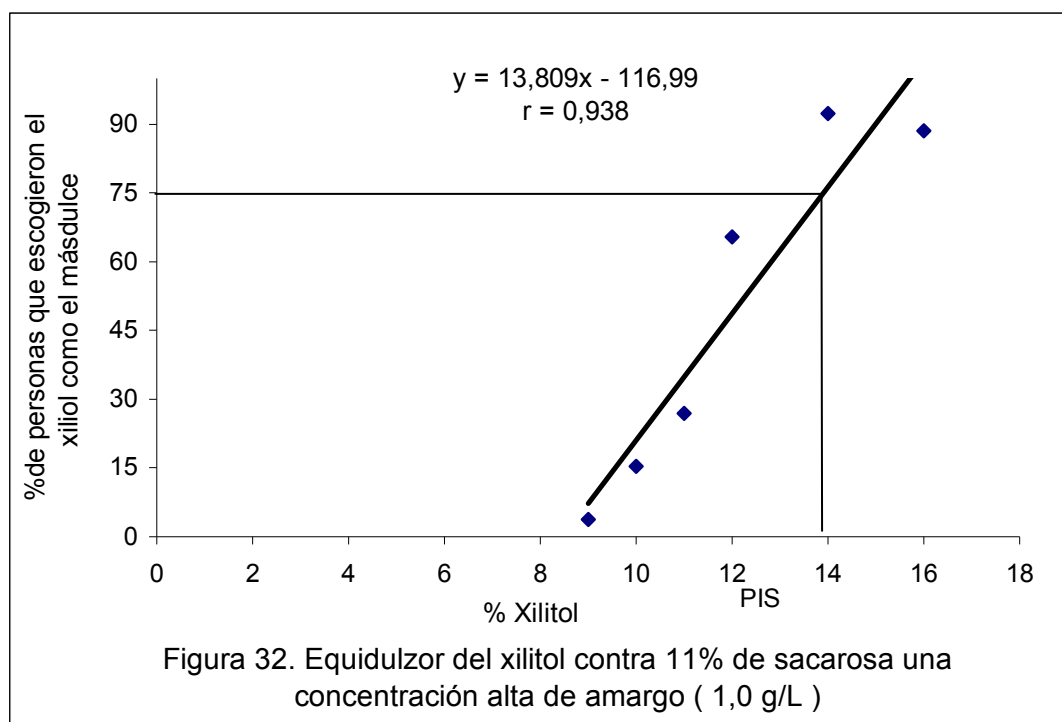
5.4.2 Dulzor equivalente de xilitol en disoluciones binarias con una alta concentración de amargo (1,0 g/L)

Todas las figuras obtenidas (figuras 30, 31, 32 y 33) para una concentración alta de amargor presentaron un patrón muy similar entre ellos en cuanto a la distribución de los datos y los valores del dulzor equivalente del xilitol tienen una gran semejanza con los obtenidos para concentraciones bajas de amargor.

Las concentraciones requeridas de xilitol para igualar el dulzor de las concentraciones de sacarosa al 4%,7%, 11% y 13% fueron de 6,16%, 9,81%, 13,90% y 15,77%, respectivamente (anexo 4). Al comparar estos valores con aquellos obtenidos en las disoluciones dulces puras se encontró que fueron un poco menores, y con respecto a las mezclas de dulce y amargo a concentración baja fueron casi iguales.

Al obtener estos valores, se puede deducir que el grado de enmascaramiento que el sabor amargo ejerce sobre el sabor dulce no depende de la intensidad del amargor y puede ser que el sabor amargo no se percibió al mismo tiempo que el dulzor de ambos edulcorantes. Probablemente, las muestras se perciben como más amargas al tener una concentración mayor de cafeína, pero el efecto de enmascaramiento fue igual tanto para la sacarosa como para el xilitol.





5.5 Prueba de preferencia

Se realizaron dos pruebas de preferencia en dos bebidas, (limonada natural y té negro marca Lipton®) endulcoradas con sacarosa y con xilitol, en donde se encontró que se prefirió en ambos casos el consumo de los productos con xilitol, utilizando la prueba chi-cuadrado para analizar las diferencias (Cuadro 13 y 14).

5.5.1 Prueba de preferencia en una limonada

Al realizar la prueba para la limonada se encontró que existía diferencia entre las personas que preferían la bebida endulzada con xilitol y la endulzada con sacarosa, siendo mayor la preferencia por la muestra con xilitol, como se puede observar en el cuadro 13.

Cuadro 13. Valores obtenidos con la prueba chi-cuadrado al analizar un refresco de limonada

	Xilitol	Azúcar	Ambos
Observado	50	34	16
Esperado	33	33,33	33,33
O-E	16,7	0,7	-17,3
$(O-E)^2$	278,89	0,49	299,29
$(O-E)^2 / E$	8,38	0,015	8,99
Sumatoria $(O-E)^2 / E$	17,385		

El chi tabulado para $3-1=2$ gl es 5,99 para un nivel de significancia de 0,05 y 9,21 para 0,01

Más personas prefirieron la bebida endulzada con xilitol, significativamente, esto se puede deber a las propiedades intrínscas del xilitol como es su poder refrescante o sensación de mentol, por lo que puede haber generado que a los panelistas les gustara más el producto con este atributo.

Como de 100 personas solo un 16% escogió que preferían ambas, esta categoría se puede eliminar ya que por ser menor a un 20% no es estadísticamente representativa de la población. Cuando se comparan dos categorías se usa una prueba binominal, y en este caso se encontró que no hubo diferencias significativas, ya que se necesitaban 52, de las 84, personas escogiendo xilitol para que fuera significativa la diferencia con la sacarosa al 0,05%. Al ser el número de categorías que se comparan menor, la prueba estadística se hace más estricta y no se logra encontrar la diferencia entre la preferencia de limonada endulzada con xilitol y sacarosa. Lo que mostró la prueba fue que la bebida endulzada con xilitol no tendría ningún problema en ser aceptada entre los consumidores de este tipo de productos, ya que no la diferenciarían de la bebida endulzada con sacarosa.

5.5.2 Prueba de preferencia para té

Para el caso del té también se encontraron diferencias significativas siendo la preferencia de los consumidores por el té endulzado con xilitol mayor que la del endulzado con sacarosa. En este caso se conservaron las tres categorías porque tienen más del 20% de los participantes en cada una de ellas, obteniéndose que más personas prefirieron el té endulzado con xilitol.

Cuadro 14. Valores obtenidos con la prueba chi-cuadrado al analizar té

	Xilitol	Azúcar	Ambos
Observado	51	30	31
Esperado	33,33	33,33	33,33
(O-E)	17,7	3,33	14,3
(O-E) ²	313,29	11,09	204,5
(O-E) ² / E	9,41	0,333	6,14
Sumatoria (O-E) ² / E	15,88		

El chi tabulado para $3-1=2$ gl es 5,99 para un nivel de significancia de 0,05 y 9,21 para 0,01

Estos resultados no se esperaban, ya que se creía que podría ser que los consumidores no encontrarían diferencias entre el producto endulzado con sacarosa y xilitol y entonces se diera que más consumidores escogieran la categoría “prefiero las dos”. Es interesante encontrar que para las dos bebidas se escogió aquella con xilitol. Probablemente al ser bebidas frías, el xilitol las hacía sentirse más refrescantes.

6. CONCLUSIONES

- El método de estímulo constante con comparación pareada utilizado para la evaluación de concentraciones dulces entre dos azúcares distintos, no presentó dificultades para los panelistas ni fatiga al momento de realizar las pruebas.
- El dulzor del xilitol no es equivalente al de la sacarosa, para todas las disoluciones estudiadas, ya que se requirió de una mayor concentración de xilitol que de sacarosa para alcanzar una misma percepción de dulzor a una misma concentración evaluada.
- Para todas las concentraciones de disoluciones puras de azúcar, el dulzor relativo del xilitol aumenta linealmente con la concentración de sacarosa. A concentraciones menores del 15% de sacarosa, en disoluciones puras, los panelistas identifican fácilmente a la sacarosa como más dulce que el xilitol.
- Para disoluciones de azúcar y xilitol a baja concentración, utilizando tanto azúcar como xilitol, se puede deducir que ocurre un enmascaramiento similar por parte del ácido para ambos edulcorantes.
- Al evaluar el dulzor relativo de disoluciones de azúcar y xilitol a una alta concentración ácida se necesitó de una mayor cantidad de xilitol que su correspondiente para disoluciones puras para poder equiparar el dulzor de la sacarosa, por lo que se deduce que se presenta un mayor grado de enmascaramiento por parte del ácido en el caso del xilitol que en el caso de la sacarosa.
- Se observó poca homogeneidad de los datos cuando la concentración de sacarosa fue alta, por lo tanto se concluye que no se utilizó el ámbito correcto de concentraciones.
- Al presentarse el enmascaramiento a concentraciones altas de ácido, las concentraciones más bajas fueron fácilmente detectadas como menos dulces y no presentaban ninguna confusión para el panelista pero las más altas de xilitol se confundieron con las de sacarosa.

- El dulzor de las mezclas amargo-dulces no fue afectado por la adición de la cafeína, tanto en baja como en alta concentración, por lo que se puede deducir que la intensidad de amargor no ejerce enmascaramiento diferente sobre el sabor dulce proveniente de sacarosa o xilitol.
- Más personas prefirieron las bebidas endulzadas con xilitol lo cual podría deberse a las propiedades intrínsecas de éste como su poder refrescante.
- Se puede decir que las características sensoriales del xilitol no difieren en gran medida de las de la sacarosa, y podría ser un sustituto muy conveniente al no cambiar el comportamiento sensorial de las disoluciones.

7. Recomendaciones

- Realizar cierta cantidad específica de paneles para cada una de las concentraciones evaluadas y así tener un número de repeticiones válidas que permitan efectuar un análisis estadístico.
- Investigar sobre diferentes métodos utilizados para evaluar el dulzor y hacer una comparación sobre cual es el más exacto para éste parámetro.
- Evaluar el efecto de diferentes tipos de ácidos en disoluciones de sacarosa y de xilitol
- Realizar curvas de intensidad de tiempo para el ácido y el amargo en las disoluciones evaluadas para medir el efecto que tienen en los resultados obtenidos.
- Medir la intensidad de la acidez y el amargor en las mezclas a diferentes concentraciones de xilitol y sacarosa para determinar más detalladamente el tipo de enmascaramiento que se puede dar.
- Llevar a cabo el mismo tipo de pruebas con disoluciones de xilitol y sacarosa en diferentes matrices como, por ejemplo, alimentos sólidos para observar su comportamiento.
- Se recomienda que para una concentración al 13% de sacarosa a baja concentración de ácido, se agreguen concentraciones de xilitol más elevadas para poder obtener una mejor distribución de los datos.

- Se recomienda en el caso de los gráficos donde se observa en las determinaciones finales una detección al 100% por parte del panelista entre el último punto y su precedente, eliminar los últimos puntos ya que no aportan información adicional.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1 Referencias Citadas

Alimentación Sana. 2005. Azúcares y edulcorantes bajos en calorías. INTERNET. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/>. Fecha de consulta: Julio 2006.

Alimentación Sana. 2006. Tipos de edulcorantes. INTERNET. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/edulcorantes%20tipos.htm>. Fecha de consulta: Julio 2006.

Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia, Zaragoza.

Asociación Argentina de dietistas y nutricionistas dietistas. 2005. El poder endulzante del xilitol. INTERNET. <http://www.nutrar.com/detalle.asp?ID=5853>. Fecha de consulta: Mayo 2006.

Bär, A. 1990. Factorial calculation model for the estimation of the physiological caloric values of polyols. In caloric Estimation of carbohydrates. Research Foundation for Sugar Metabolism. Tokio.

Barham, D & Trinder, P. 1972. Análisis de Sacarosa. Analyst 97:142-145. INTERNET. <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyVuVyFylgawgivu.php>. Fecha de consulta: Octubre 2006.

Bassler, K. 1977. Biochemistry of xylitol. Applied Science Publishers. Inglaterra.

Belitz, H.D, Grosh, W. 1997. Química de los alimentos. Acribia. España.

Bernier, J & Pascal, G. 1990. The energy value of polyols (sugar alcohols). Medicine et Nutrition 26:221-238.

- Biblioteca digital de la Universidad de Chile. 2006. Atributos sensoriales propiedades y aspectos más relevantes. INTERNET. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/capitulo01/02.html. Fecha de consulta: Abril 2005.
- Bonnans, S., Noble, A.C. 1993. Effect of sweetener type and of sweetener and acid levels on temporal perception of sweetness, sourness and fruitness. *Chemical Senses* 18(3): 273-283
- Brooks, SPJ. 1995. Report on the energy value of sugar alcohols. Ministry of Health, Canada
- Cacho, J.F. 2003. El vino, su composición y nuestros sentidos. Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.
- Cardello, A.V., Hunt, D. & Mann, B. 1979. Relative sweetness of fructose and sucrose in model solution, lemon beverages and white cake. *Journal of Food Science* 44:748-751.
- Commission of the European Communities. 1973. Council directive 94/35/EC on Sweeteners for Use in Foodstuffs. GRAS: Status of Human Food Ingredients. Fed Reg, 38 n° 143
- Counsell, J. 1978. Xilitol. Applied Science Publishers. Inglaterra
- Dubach U.C., Feiner, E.G., & Forgo, T. 1969. Oral tolerance of xilitol in metabolically healthy test subjects. *Schweiz. Med. Wschr* 99:190.
- Dutch Nutrition Council. 1987. The energy values of polyols. Recommendations of the Committee on Polyols. The Hague: Nutrition Council.
- Ecogreen Oleochemicals GmbH. 2005. Sugar Alcohols. INTERNET. http://www.ecogreenoleo.com/Sugar_Alcohols.pdf. Fecha de consulta: Abril 2005.

- Emodi, A. 1978. Xylitol: Its properties and food applications. Food Technology 32 (1): 28-32.
- European Communities.1990. Directive 90/496/EC: nutrition labelling for foodstuffs. Official Journal of the European Communities L 276 :40-44
- FAO/WHO. 1983. Evaluation of certain food additives and contaminants. Twenty-seventh report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. World Health Organ Tech Rep Ser 696.
- FAO/WHO .1998. Carbohydrates in human nutrition. FAO food and nutrition paper no. 66. FAO, Rome.
- FAO/WHO. 2003. Menos grasas saturadas, azúcar y sal y más frutas, hortalizas y actividad física para prevenir las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y la obesidad. INTERNET. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr20/es/print.html>. Fecha de consulta: Noviembre 2006.
- FDA. 2004. Net Carbohydrates. INTERNET. <http://www.fda.gov/ohrms/dockets/dailys/04/july04/071604/04p-0298-sup00002-vol2.pdf>. Fecha de consulta: Noviembre 2006.
- Fernández, M.2006. Azúcar: la vida amarga. Edición On line: El Economista de Cuba. INTERNET. http://www.eleconomista.cubaweb.cu/2006/nro289/289_961.html. Fecha de consulta: Octubre 2005.
- Food and Agriculture Organization. 1998. Carbohydrates in Human Nutrition. Food and Nutrition 66
- Forster, H. 1977. Tolerance in the human, adults and children. Applied Science Publishers, Inglaterra.
- Fundación Eroski. 2004. El azúcar: calorías de uso moderado. Consumer Eroski 83:16-17. INTERNET.www.revista.consumer.es/web/es/20041201/alimentacion/69389.php. Fecha de consulta: Febrero 2006.

- Gallinger, M. 1998. Análisis sensorial y análisis descriptivo ¿Para que sirve? La alimentación latinoamericana 223: 33-35.
- García, N. 2005. Xilitol. INTERNET. <http://www.entrepreneurespanol.com/pagina.hts?N=14614>. Fecha de consulta: Julio 2005.
- Goldner, M.C., Pogibin, J.G., Zamora, M.C. 2004. Efecto del contexto sobre la percepción del dulzor/acidez y dulzor/aroma en mezclas a base de vino blanco o agua.
- Gong, C.S., Chen, L.F., Flickinger, M.C., Chiang, L.C. & Tsao, G.T.1981. Applied Environmental Microbiology 41:430-436.
- Goñi, F. 2006. La campimetría computarizada. INTERNET. http://www.nexusediciones.com/np_ao_1991_1_4_003.htm. Fecha de consulta:Junio 2006.
- Hallborn, J., Walfridsson, M., Airaksinen, U., Ojamo, H., Hahn-Hägerdal, B., Penttilä, M.& Keränen, S. 1991. Xylitol production by recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. Biotechnology 9: 1090-1095
- Harris, S. 2003. Diabetes.Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Diabetes in Canada. Can J Diabetes: 27
- Henkel, J. 1999. Sugar Substitutes: Americans Option for Sweetness and Lite. U.S. Food and Drug Administration, FDA Consumer. INTERNET. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/fdsugar.html>. Fecha de consulta: Agosto 2005.
- Henkel, J. 2006. Edulcorantes y postres. American Diabetes Association. Edulcorantes y postres. INTERNET. www.diabetes.org/espanol/nutricion-y-recetas/edulcorantes-postres.jsp . Fecha de consulta: Enero 2007
- Hoover, W. 2001. El gusto. Southwest educational development laboratory. INTERNET. <http://www.sedl.org/scimath/pasopartners/senses/SPlesson6.html>. Fecha de consulta:Setiembre 2006.

- Hyvönen, L., Kurkela, R., Koivistoinen, P. & Merimaa, P. 1977. Effects of temperature and concentration on the relative sweetness of fructose, glucose and xylitol. *Lebensm.-Wiss.Technol* 10: 316-320.
- Hyvönen, L., & Sipilä, L. 1977. Effects of temperature and mixture combinations on the synergism between fructose and cyclamate, and xylitol and cyclamate, and the application of mixtures of sweeteners in foods. University of Helsinki.
- Hyvönen, L., Kurkela, R., Koivistoinen, P., Ratilainen, A. 1978. Sweetening of coffee and tea with fructose-saccharin mixtures. *Journal of Food Science* 45(5):1-7.
- Hyvönen, L., Koivistoinen, P. y Voirol, F. 1982. Food technological evaluation of xylitol, *Advances in Food research*. Academic Press 28:373-403.
- Illy, A & Viani, R. 1995. *Espresso Coffee: The Chemistry of Quality*. Academic Press. London
- International Sweeteners Association. Edulcorantes con toda confianza. INTERNET. http://www.sweeteners.org/pdf/Sweeteners-confidence_Spanish.pdf#search=%22%25solubilidad%20en%20agua%20xilitol%22. Fecha de consulta: Agosto 2006.
- Jeffries, T.W. 1981. Xilitol. *Biotechnology and Bioengineering* 11: 315-324.
- Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M., Taylor, R.H., Barker, H., Fieden, H., Baldwin, J.M., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L & Goff, D.V. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition* 34:362-366.
- Keast, R.S.J., Breslin, P.A.S. 2003. An overview of binary taste-taste interaction. *Food Quality and Preference* 14: 111-124.
- Kracher, F. 1975. Xilitol. Bedeutung-Wirkung-Anwendung. *Kakao & Zucker* 27 (3): 68-70, 72-73, 75.
- Krammer, F.X. 1971. Xylit-der moderne Zuckeraustauschstoffe. *Suesswaren* 21: 887-890.

- Larosa, R. 2002. Alcoholes azúcares: xilitol. INTERNET. [www.zoetecnocampo.com /
Documentos/ biodie lar/ xilitol.htm](http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie_lar/xilitol.htm). Fecha de consulta: Mayo 2005.
- Larson-Powers, N.L & Pangborn, R.M. 1978. Paired comparison and time-intensity measurements of sensory properties of beverages and gelatin containing sucrose and synthetic sweeteners. *Journal of Food Science* 43:41.
- Lawless, H.T. 1977. The pleasantness of mixtures in taste and olfaction. *Sensory Processes* 1: 227-237.
- Lawless, H. & Heymann, H. 1998. *Sensory Evaluation of Foods*. Chapman and Hall.
- Lawless, H. & Heymann, H. 1999. *Sensory evaluation of food. Principles and Practices*. Aspen Publications
- Lewis, M.J. *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Acibia.
- Life Sciences Research Office.1994. The evaluation of the energy of certain sugar alcohols used as food ingredients. Bethesda, MD: Life Sciences Research Office, Federation of American Societies for Experimental Biology.
- Life Sciences Research Office.1999. Evaluation of the net energy value of maltitol. Bethesda, MD: Life Sciences Research Office, Federation of American Societies for Experimental Biology.
- Livesey, G. 1992. Energy values of dietary fiber and sugar alcohols for man. *Nutrition Research Reviews* 5:61-87.
- Livesey, G., Buss, D., Coussement, P., Edwards, D.G., Howlett, J., Jones, D.a., Kleiner,J., Muller, D. & Sentko, A. 2000. Suitability of traditional energy values for novel foods and food ingredients. *Food Control* 11:250-289.

- Livesey, G. 2002 . Termogenesis associated with fermentable carbohydrate in humans, validity of indirect calorimetry, and implications of dietary thermogenesis for energy requirements, food energy and body weight. *International Journal of Obesity* 26 :1553-1569.
- Livesey, G. 2003. Health potencial of polyols as sugar replacer, with emphasis on low glycemic properties. *Nutrition Research Reviews* 16: 163-191.
- Lozano, E. 1999. El arte de evaluar los sabores. *La alimentación Latinoamericana* 229:42-43.
- MacNaught, A.D. 1996. Nomenclature of carbohydrates. *Pure and Applied Chemistry* 68:1919-2008.
- Mäkinen, K. 1978. Biochemical principles of the use of xylitol in medicine and nutrition with special consideration of dental aspects. *Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek, Switzerland*.
- McBride, R.L., Finland, D.C. 1989. Perception of taste mixtures by experienced and novice assessors. *Journal of Sensory Studies* 3:237-248.
- Moskowitz, H.R. 1972. Perceptual attributes of the taste of sugars. *Journal of Food Science* 37: 624-6226.
- Moskowitz, H.R. & Kapasalis, J.G. 1976. Phychophysical relations in texture, en: *Rheology and texture in food quality*, editado por J.M de Mann, P.W. Voisey, V.F. Rasper & D.W.Stanley. The AVI Publishing Company Inc. Connecticut.
- Nigam, P. & Singh, D. 1995. Process for fermentative production of xilitol- a sugar substitute. *Biochemistry* 30:117-124

- Organización Mundial de la Salud. 2003. Menos grasas saturadas, azúcar y sal y más frutas, hortalizas y actividad física para prevenir las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y la obesidad. INTERNET. [www.who.int /mediacentre/news /releases /2003/pr20 /es /print.html](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr20/es/print.html). Fecha de consulta: Marzo 2006.
- O' Mahony, M. 1982. Sensory evaluation of food: statistical methods and procedures. Debber, New York
- Pangborn, R.M. 1963. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. Journal of Food Science 11: 111-126.
- Pangborn, R.M. 1982. Influence of water composition, extraction procedures and holding time and temperature on quality of coffee beverage. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie 15:161–168.
- Pangborn, R.M., Guinard, J.X. & Meiselman, H.L. 1989. Evaluation of bitterness of caffeine in hot chocolate drink by category, graphic and ratio scaling. Journal of Sensory Studies 4:31-53.
- Parajó, J.C., Domínguez, J.M., & Domínguez, H. 1998. Biotechnological production of xylitol. Part 1: Interest of xylitol and fundamentals of its biosynthesis. Bioresource Technology 65:191-201.
- Pedrero, D. & Pangborn, R. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos. Alhambra Mexicana, México.
- Pepper, T. & Olinger, P.M. 1988. Xylitol. Food Technology 42: 98-106.
- Pelletier, C. A., Lawless H. T., Horne J. 2004. Sweet-sour mixtures suppression in older and young adults. Food Quality and Preference 15:105-116.
- Peynaud, E. 1996. The Taste of Wine. Second Edition, John Wiley & Sons, Incorporation. New York.

- Potocnik, J.. 1990. Xilitol. European Communities Directive 90/496/EC: nutrition labeling for foodstuffs. Official Journal of the European Communities L237:2-12.
- Procuraduría Federal del Consumidor. 2002. Jugos envasados. Revista del consumidor 39: 1-3. INTERNET. http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_02/jugos.pdf. Fecha de consulta: Junio 2006.
- Ramírez, D. 2006. Cavidad oral. Odonto Web. INTERNET. <http://odontoweb.espaciolatino.com/pacientes/cavoral/lengua.html>. Fecha de consulta: Enero 2006.
- Rivera, L. 2006. El poder endulzante del xilitol. Nutrar: el portal de la alimentación. INTERNET. <http://www.nutrar.com/detalle.asp?ID=5853>. Fecha de consulta: Enero 2006.
- Roessler, E.B., Pangborn, R.M., Sidel, J.L. & Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle. Journal of Food Science Technology 43: 940-943, 947.
- Schiffenstein, H.N.J., Frijters, J.E.R. 1990. Sensory integration in citric acid /sucrose mixtures. Chemical Senses 15(1): 87-109.
- Schiffenstein, H.N.J., Frijters, J.E.R. 1991. The effectiveness of different sweeteners in suppressing citric acid sourness. Perception and Psychophysics 49(11): 1-9.
- Sellman, S. 2003. Xilitol: our sweet salvation!. The Spectrum 4(8): 23. INTERNET. www.sweethealth.co.za/site/1137/page/view/763. Fecha de consulta: Enero 2006.
- Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Libro de resúmenes. htm, Poster 87. Uruguay.
- Shallenberger, R.S. & Birch, G.G. 1975. Sugar Chemistry: The AVI Publishing Co.Inc.,Westport, Conn.

- Sinaud, S., Montaurier, C., Wils, D., Vernet, J., Brandolini, M., Boutloup-Demange, C & Vermorel, M. 2002. Net energy value of two low digestive carbohydrates, Lycasin HBC and the hydrogenated polysaccharide constituent of Lycasin HBC in healthy human subjects and their impact on nutrient digestive utilisation. *British Journal of Nutrition* 87: 131-139.
- Steiner, J.E. 1977. Facial expressions of the neonate infant indicating the hedonics of food-related chemical stimuli. In *Taste and Development: The Genesis of Sweet Preference*. US Department of Health, Education, and Welfare, Bethesda, MD, 173-189. Ed Weiffenbach JM. INTERNET. www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/advocacy_adap0598_ENU_HTML.htm. Fecha de consulta: Mayo 2006.
- Stone, H & Sidel, O. 1969. Measurement of the relative sweetness of selected sweeteners and sweetener mixtures. *Journal of Food Science* 34(2):215-222.
- Stone, O & Oliver, S. 1969. Measurement of the relative sweetness of selected sweeteners and sweetener mixtures. *Journal of Food Science* 34(2) 215-222.
- Tames, R., Rubio, J. & Nava, A. 2001. *Química de los alimentos*. Coordinación general de universidades tecnológicas (CGUT), México. INTERNET. http://fenix.utim.edu.mx/man/general/biblioteca/alim2001/Quimica_de_Alimentos.pdf. Fecha de consulta: Julio 2006.
- Ureña, M., D'arraigo, M. & Giron, O. 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Agraria, Lima.
- Van Es, AJH., De Groot, L & Vogt, J.E. 1986. Energy balance of eight volunteers fed on diet supplemented with Esther lactitol or saccharose. *British Journal of Nutrition* 56: 545-554.
- Voirol, F. 1978. The value of xylitol as an ingredient in confectionary. In "Xilitol" (J.W.Counsell, ed.). Appl. Science Publications, London.

- Voirol, F. 1980. Xylitol properties and applications in foods and pharmaceuticals. Academic press, New York.
- Watts, B., Ylijmaki, G., Jeffrey, L. & Elias, L. 1989. Basic sensory methods for food evaluation. International Development Research Centre, Ottawa.
- Wolever, T. 1997. Carbohydrates in human nutrition. Canadian Sugar Institute. INTERNET. <http://www.sugar.ca/FAOset.htm>. Fecha de consulta: Enero 2006.
- Yamaguchi, S., Yoshikawa, T., Ikeda, S & Ninomiya, T. 1970. Studies on the taste of some sweet substances. Part 1. Measurement of the relative sweetness. Agriculture Biologic Chemistry 34: 181-186.
- Zamora, M.C., Goldner, M.C., Guirao, M. 2004. Perception of sweet-sour mixtures in water and wine: Contextual effects. Proceedings of the Twentyth Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (Oliveira, Texeira, Borgs y Ferro, Editions). "Fechner Day 2004", Coimbra, Portugal, p 558 – 563.

Anexos

Anexo 1. Hoja de respuestas para el método de estímulo constante

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Pruebe cada par de muestras de izquierda a derecha. Encierre en un círculo la muestra **más dulce**. No se trague las muestras y enjuáguese dos veces la boca entre cada par. Gracias

Par	Muestras	
1	479	550
2	794	562
3	801	320
4	840	130
5	263	312
6	120	346

Anexo 2. Hoja de respuestas de la prueba de preferencia para las bebidas analizadas

Prueba de Preferencia

Nombre: _____ Fecha: _____

Direcciones:

Para cada par de muestras decida si prefiere una muestra sobre la otra o si prefiere las dos. Marque con un círculo el número de la muestra que prefiere o una marca en la casilla "prefiere los dos". Por favor enjuáguese con agua entre cada par.

Par	Muestras		Prefiere las dos
Par 1	140	905	
Par 2	830	672	

Comentarios: _____

.....

Anexo 3. Resultados tabulados de la prueba de preferencia

Hoja Muestra para
Prueba de Preferencia
Marque con X la muestra que fue preferida

Muestra 1: Muestra 2:

502

Iniciales	Muestra 1	Muestra 2	Prefiere las 2
55	Alonso	E	
56	Alejandro		X
57	Sarah		X
58	Ronal	X	
59	Natalie	E	
60	Ana B.	X	
61	Carmen	E	
62	Gabriela	X	
63	Inam	X	
64	Pamela	X	
65	Hazel	E	
66	Pamela	E	
67	Sve	E	
68	Catalim	E	
69	Pamela		X
70	Diego	X	
71	Natalia	X	
72	Volent	E	
73	Gianna	X	
74	Larissa	X	
75	Roberto	X	
76	Laura	X	
77	Cassidy	X	
78	Haniel	X	
79	Tatiana	E	
80	Hatsab	E	
81	Oran		X
82	Gabriel	X	
83	Uriel	X	
84	Haniel	X	
85	Gabriela	E	
86	Luis	X	
87	Gov.	X	
88	Michael	X	
89	Ricardo	E	
90	Josep	E	
91	Eric	X	
92	David	X	
93	Mariana	E	
94	Ma A.	X	
95	Sabi.	X	
96	Ma L.	E	
97	Ana B.	X	
98	Louisa		X
99	Jonath.		X
100	Andred	X	

Anexo 4. Cuadro comparativo de las concentraciones obtenidas para una disolución específica (%)

Sacarosa	Xilitol Dulce	Ácido Bajo+ Dulce	Ácido Alto+ Dulce	Amargo Bajo +Dulce	Amargo Alto+ Dulce
4	6,02	6,53	6,51	5,91	6,16
7	8,88	9,75	10,14	9,45	9,81
11	12,69	13,12	15,05	13,88	13,90
13	15,45	17,93	16,92	15,35	15,77

