

FARINHA DE YACON E INULINA COMO INGREDIENTES NA FORMULAÇÃO DE BOLO DE CHOCOLATE¹

Janaína Andréa MOSCATTO², Sandra H. PRUDÊNCIO-FERREIRA², Maria Celia Oliveira HAULY^{3,*}

RESUMO

Novos ingredientes têm sido investigados para que possam atender às exigências do mercado consumidor atual que deseja produtos com qualidade sensorial e nutricional associada a benefícios para a saúde. Os frutooligosacarídeos (FOS) presentes no yacon (*Polymnia sonchifolia*), e a inulina apresentam propriedades promotoras de saúde (fibra alimentar e efeito prebiótico) e podem melhorar aspectos sensoriais em alimentos. O presente trabalho teve como objetivos utilizar a inulina e/ou farinha de yacon como ingredientes do bolo de chocolate. Os bolos obtidos das formulações padrão (P), da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e da formulação (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina, foram avaliados quanto às suas propriedades químicas e físicas, preferência e estabilidade de armazenamento em relação ao bolo padrão de chocolate. Os bolos das formulações A e B apresentaram propriedades químicas, físicas, preferência e estabilidade comparáveis ao da formulação padrão. Como vantagens, apresentaram menores valores de dureza, maiores teores em fibra alimentar total (12,35% e 23,6%) em relação ao P (9,02%). O valor calórico foi semelhante (2,09kcal para A) e menor (1,62kcal para B) que do padrão (2,13kcal), além da presença de frutooligosacarídeos e ou inulina. Portanto, a farinha de yacon e inulina podem ser utilizadas como ingredientes para formular bolo de chocolate, fornecendo produtos com características que atendem às exigências do mercado consumidor.

Palavras-chave: frutooligosacarídeos; bolo; inulina; yacon.

SUMMARY

YACON MEAL AND INULIN SUCH AS INGREDIENTS IN CHOCOLATE CAKE PREPARATION. The high consumer's needs for food with sensorial and nutritional qualities besides nutritional benefits to health, makes new ingredients search necessary in order to meet the consumer's. The fructooligosaccharides of yacon and inulin have properties that improve health (alimentary fiber and prebiotic effect) and they can improve sensorial aspects in food. This work aims at preparing chocolate cakes with inulin and or yacon meal and comparing theirs chemical and physical properties, preference and shelf stability with a standard chocolate cake formulation (P). The formulations with the wheat flour substituted in 20% for yacon meal and without inulin (formulation A), with the wheat flour substituted 40% for yacon meal and 6% substituted for inulin (formulation B) and standard formulation were compared. The formulations A and B showed comparable chemical properties, preference and shelf stability to standard formulation showing advantages such as smaller hardness values, greater content of total alimentary fiber which were 12.35%, 23.6% and 9.02%, respectively, similar caloric value 2.09kcal (formulation A) and smaller 1.62kcal (formulation B) than the standard formulation (2.13kcal), besides have inulin and fructooligosaccharides. Consequently, inulin and yacon meal can be used as ingredients in chocolate cake preparations presenting characteristics which meet the consumer's requirements for a functional food.

Keywords: fructooligosaccharides; cake; inulin; yacon.

1 – INTRODUÇÃO

O yacon (*Polymnia sonchifolia*), planta originária das regiões andinas, foi introduzido no Brasil no início dos anos 90. Trata-se de uma erva perene de talo piloso que possui estocados em suas raízes tuberosas os carboidratos frutose, glicose, sacarose e, principalmente oligossacarídeos de baixo grau de polimerização, que podem chegar a 67% da matéria seca logo após a colheita [3]. Os oligossacarídeos do yacon são do tipo β (2 \rightarrow 1) frutooligosacarídeos com terminal sacarose, frutanas tipo inulina [11].

Os frutooligosacarídeos (FOS) e a inulina têm sido designados como prebióticos e fibras alimentares solúveis por sua não digestibilidade pelas enzimas do trato digestivo humano, estímulo seletivo do crescimento e

atividade de bactérias intestinais promotoras de saúde, especialmente as bifidobactérias, baixo valor calórico e a influência sobre a função intestinal e sobre os parâmetros lipídicos [10,12].

Além das propriedades promotoras de saúde, estes carboidratos também podem ser usados para melhorar aspectos sensoriais em produtos de panificação de baixo valor calórico [19, 21].

Entre os produtos de panificação, o bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e à comercialização no Brasil, principalmente, devido ao desenvolvimento técnico que possibilitou mudanças nas indústrias que passaram da pequena à grande escala.

Inulina e oligofrutoses vêm sendo incorporadas em diversos produtos alimentares, principalmente em produtos de padaria e confeitaria, como bolo, que têm grande aceitação pelo mercado consumidor devido às suas características reológicas: produtos leves e facilmente mastigáveis; apresentam textura porosa que facilita a digestão e são normalmente muito saborosos [16].

As mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos que apresentem, além da alta qualidade sensorial e nutricional, benefi-

¹ Recebido para publicação em 25/04/2003. Aceito para publicação em 27/10/2004 (001118).

² Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos – UEL – Campus Universitário -CEP 86051-970 – Londrina – Paraná

³ Departamento de Bioquímica – UEL – Campus Universitário -CEP 86051-970 – Londrina – Paraná

* A quem a correspondência deve ser enviada.

cios associados à saúde, fazem surgir a necessidade de novos ingredientes que possam atender a estas exigências do mercado [14].

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos utilizar inulina e ou farinha de yacon como ingredientes na formulação de bolo de chocolate e avaliar a influência destes ingredientes sobre as propriedades químicas, físicas, a preferência e a estabilidade de armazenamento das formulações.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material

2.1.1 – Farinha de yacon

A farinha de yacon obtida a partir de raízes tuberosas de yacon descascadas, secas e trituradas, apresentava a seguinte composição centesimal: 4,37% de umidade; 8,32% de proteínas; 1,07% de lipídios; 3,75% de cinzas e 82,49% de carboidratos totais. Os carboidratos solúveis eram constituídos por 4,13% de frutose; 1,96% de glicose; 3,25% de sacarose; 8,19% de 1-cestose; 5,36% de nistose e 4,03% de frutofuranosil-nistose.

2.1.2 – Inulina

A inulina de marca Raftiline GR, extraída de raiz de chicória, foi produzida pela empresa Orafiti.

2.1.3 – Formulações para bolo de chocolate

Os ingredientes da formulação padrão (P) para bolo de chocolate e das formulações (A) contendo farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e formulação (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina, encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Formulações dos bolos de chocolate padrão (P); formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e formulação (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina.

Ingredientes	Formulação P	Formulação A	Formulação B
Ovos (tamanho médio)	4	4	4
Margarina <i>light</i>	60g	60g	60g
Água	180mL	158mL	137mL
Açúcar magro	100g	100g	100g
Cacau em pó	10g	10g	10g
Achocolatado com baixo teor em açúcar	30g	30g	30g
Farinha de trigo	200g	160g	108g
Farinha de yacon	-	35,36g	70,72g
Inulina	-	-	10,57g
Fermento em pó	10g	10g	10g

2.2 – Métodos

2.2.1 – Preparação dos bolos

À temperatura ambiente, as claras foram batidas em neve em batedeira planetária por 5 minutos em velocidade alta. As gemas, margarina e o açúcar foram homogeneizados em batedeira por 2 minutos em velocidade média. Após, o achocolatado, a farinha de trigo, farinha de yacon e inulina (formulações A e B) e a água foram acrescentados à mistura e homogeneizados por 3 minutos nas mesmas condições. O fermento em pó foi misturado às claras e estes foram incorporados à massa manualmente. A massa foi acondicionada em forma de alumínio, previamente untada com margarina e polvilhada com farinha de trigo, levada ao forno pré-aquecido por 15 minutos a 180°C e assada por 40 minutos. O forno foi desligado e o bolo retirado após 10 minutos.

2.2.2 – Determinação dos parâmetros de textura

O bolo, sem a crosta, foi cortado em 12 pedaços cilíndricos de 3cm de diâmetro utilizando-se um cortador de aço inoxidável. Os pedaços de bolo foram submetidos a um ciclo duplo de compressão em Texturômetro TA TX2i (Texture Technologies Corp., Stable micro systems, NY) sendo que 30% da altura original do bolo foi comprimida por um sensor cilíndrico de 3cm de diâmetro tipo SMS/35, a uma velocidade do teste de 2mm/s. Os parâmetros dureza e coesividade foram determinados utilizando-se o software XTRAD acoplado ao texturômetro.

2.2.3 – Determinação do volume específico

Para a determinação do volume específico foram cortados e pesados 12 pedaços cilíndricos de 3cm de diâmetro de cada bolo formulado. Em equipamento apropriado, dotado de recipiente de volume conhecido e contendo sementes de painço, foi determinado o volume ocupado por cada pedaço de bolo neste recipiente, através do deslocamento das sementes para uma proveta graduada. O volume do pedaço de bolo foi lido em cm³. O volume específico médio, expresso em cm³/g, foi obtido pela razão entre o volume e o peso de cada um dos 12 pedaços de bolo [14,15].

2.2.4 – Caracterização química das formulações

Os bolos das formulações P, A e B foram caracterizadas quimicamente, em triplicata, quanto ao teor de: umidade pelo método de secagem à vácuo; proteínas pelo método de micro Kjeldahl; lipídios pelo método de Soxhlet; cinzas pelo método via seca; fibra alimentar total (solúvel e insolúvel) pelo método enzimático gravimétrico e carboidratos totais, estimados por diferença [2].

Os minerais, cálcio, fósforo e ferro foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica [1, 22]. Os carboidratos solúveis glicose, frutose, sacarose, 1-cestose, nistose e frutofuranosil-nistose foram

determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, utilizando-se coluna de troca iônica ZORBAX -LC, com pressão de operação de 105bars, temperatura de 25°C e detector de índice de refração. A fase móvel foi constituída de uma solução acetoneitrila/água (75:25) com vazão de 2mL/min. As amostras, antes de serem injetadas, foram submetidas a um tratamento, conforme fluxograma apresentado na *Figura 1*, para a retirada de proteínas e outros interferentes.

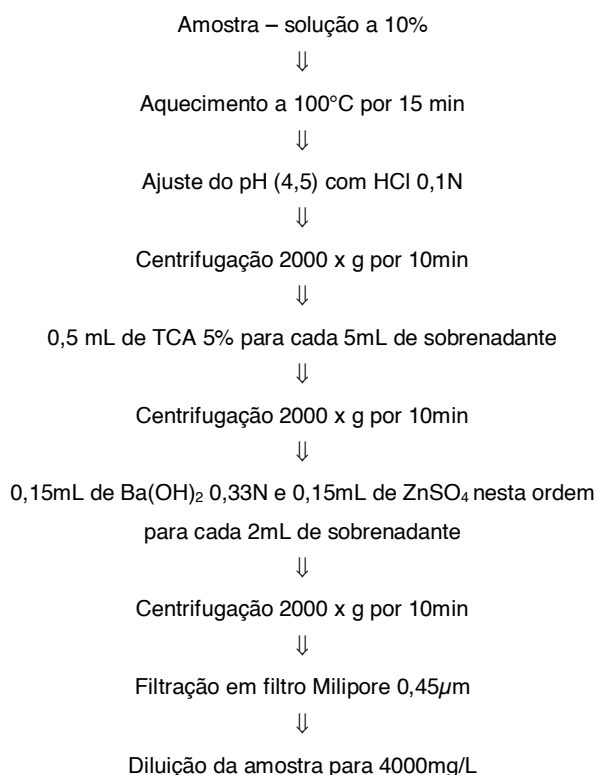


FIGURA 1. Fluxograma de tratamento das formulações de bolo para retirada de proteínas e outros interferentes

2.2.5 – Determinação do valor calórico

O valor calórico dos bolos foi calculado utilizando-se os coeficientes de ATWATER que considera 4kcal/g de protídios e carboidratos e 9kcal/g para os lipídios [28, 29].

2.2.6 – Avaliação sensorial

O teste de preferência dos bolos foi realizado utilizando-se escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo; 5= não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo) para avaliar os atributos aparência, cor, sabor, maciez e global [18]. Participaram do teste 36 provadores não treinados que receberam as 3 amostras simultaneamente, codificadas com 3 dígitos e em ordem casualizada, e um copo com água, à temperatura ambiente, para enxaguar a boca antes de cada avaliação. O teste foi conduzido em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes (luz do dia).

2.2.7 – Avaliação da estabilidade de armazenamento

Os bolos foram armazenados a temperatura ambiente em formas de alumínio sem qualquer outra embalagem por 4 dias, condições e tempo médio aos quais os bolos comercializados prontos são expostos. As análises foram feitas no 1º e 4º dias.

A estabilidade dos bolos foi avaliada por meio de análise microbiológica que constou da pesquisa de bolores e leveduras, *Salmonella sp.* e coliformes totais conforme Resolução nº 12 [8]; determinação do teor de umidade, realizada em estufa à vácuo; determinação da atividade de água utilizando o equipamento AQUALAB CX2 e determinação do pH (solução a 10%).

2.2.8 – Delineamento experimental e análise estatística

As determinações químicas e físicas foram conduzidas de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, enquanto a avaliação sensorial foi conduzida de acordo com o delineamento de blocos completos casualizados.

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey ($p \leq 0,05$). O índice de aceitação foi calculado de acordo com MONTEIRO [20].

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Caracterização química e física

A composição química dos bolos de chocolate obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon, e em 6% por inulina encontra-se nas *Tabelas 2 e 3*.

TABELA 2. Composição química dos bolos obtidos da formulação padrão (P), da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina

	Formulação P	Formulação A	Formulação B
Umidade (%)	42,57 ^a	38,96 ^b	38,42 ^b
Proteínas (%)	8,26 ^a	8,11 ^a	7,47 ^b
Lipídeos (%)	5,05 ^a	4,22 ^b	3,55 ^c
Cinzas (%)	1,42 ^b	1,67 ^{ab}	1,93 ^a
Cálcio (mg/g)	1,11 ^b	1,37 ^b	2,5 ^a
Fósforo (mg/g)	0,41 ^c	6,66 ^b	10,7 ^a
Ferro (mg/g)	20,96 ^a	12,23 ^b	8,3 ^c
FAT* (%)	9,02 ^c	12,15 ^b	23,08 ^a
FA Solúvel (%)	1,31 ^b	1,55 ^b	2,98 ^a
FA Insolúvel (%)	7,71 ^c	10,6 ^b	20,1 ^a
Carboidratos Totais **(%)	33,68 ^b	34,89 ^a	25,55 ^c

*Fibra Alimentar Total – Método enzimático gravimétrico;

** Valores estimados por diferença; Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$).

De acordo com o esperado, o maior teor de umidade foi apresentado pelo bolo obtido da formulação P que apresentava o maior conteúdo em água (180mL), seguida das formulações B (158mL) e A (137mL) que não apresentaram diferenças significativas.

A diferença nos teores de umidade da farinha de trigo (15,4%), farinha de yacon (4,3%) e inulina (4,0%) não interferiu na umidade final das formulações, pois os cálculos das porcentagens de substituição, foram feitos considerando os ingredientes em base seca, sendo a umidade final corrigida, acrescentando-se o volume de água necessário, para que os ingredientes fornecessem a mesma umidade, quando adicionados à formulação.

A diferença não significativa de umidade dos produtos obtidos das formulações A e B (*Tabela 2*), apesar da formulação A conter aproximadamente 15% mais água que a formulação B (*Tabela 1*), pode ser explicada pela presença de inulina e do dobro de farinha de yacon, conseqüentemente de frutooligossacarídeos, na formulação B. A inulina e os frutooligossacarídeos devido a sua constituição química, grupos OH disponíveis para ligação, são capazes de interagir com a água, por ligações de hidrogênio [23, 25], dificultando sua evaporação durante o processo de assadura do bolo.

Com relação ao teor protéico, o produto da formulação A não apresentou diferença significativa da formulação P, enquanto que a formulação B resultou num teor protéico 9,5% menor que o da formulação P e 7,5% menor que o da formulação A. Esta diminuição protéica no bolo da formulação B provavelmente deve-se ao fato de que a farinha de trigo, que apresentava teor protéico de 10% (dado do fabricante), foi substituída em 46% por farinha de yacon (com 8,32% de proteína) e inulina que não contém proteínas.

Entretanto, apesar do conteúdo protéico da formulação B ter sido menor que o da formulação P, não se pode afirmar que houve perda nutricional, uma vez que a qualidade das proteínas depende da sua constituição em aminoácidos e da capacidade destas de fornecê-los [6]. Como não foi avaliada a composição em aminoácidos das proteínas dos bolos de chocolate, afirma-se apenas que a formulação B teve um menor teor protéico.

O teor lipídico das formulações A e B foi significativamente menor que o da formulação P. Apesar do teor lipídico das formulações diminuir à medida que aumentou a substituição da farinha de trigo, como aconteceu com o teor protéico, a substituição da farinha de trigo neste caso não explicaria esta diminuição, pois a farinha de yacon possui aproximadamente o mesmo teor lipídico (1,07%) que a farinha de trigo (1,0%), dado do fabricante.

Do ponto de vista calórico, esta redução no teor lipídico é vantajosa, uma vez que os lipídios fornecem cerca de 9kcal enquanto proteínas e carboidratos fornecem em média 4kcal. Entretanto, deve-se ressaltar que os lipídios são importantes para o metabolismo humano e, apenas em excesso causam efeitos deletérios ao organismo. Contudo, o bolo que é considerado uma sobremesa, que não tem necessariamente o obje-

tivo de fornecer nutrientes essenciais, um menor valor calórico é desejável.

O bolo da formulação B apresentou maior teor em cinzas que o da formulação P, não diferindo da formulação A, que por sua vez, não diferiu do bolo padrão. O teor em cinzas das duas formulações contendo yacon pode ser explicado em função dos teores em cálcio e principalmente em fósforo apresentados pelas formulações compensando o menor teor em ferro quando comparadas à formulação P. A presença de farinha de yacon nestas formulações pode explicar estes valores, uma vez que o yacon possui concentrações consideráveis destes minerais, 23mg/g de cálcio e 21mg/g de fósforo [17].

O bolo da formulação B, contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina, apresentou 23,1% de fibra alimentar total (FAT). A formulação A, contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon, apresentou 12,1% e a formulação P apresentou 9% de FAT.

Estes valores de FAT determinados pelo método enzimático gravimétrico não expressam o valor real do conteúdo em fibras, já que os frutooligossacarídeos e a inulina, fibras solúveis, não são determinados adequadamente por esta metodologia [13,26]. Para se obter o valor mais correto em fibras é necessário somar-se ao conteúdo de fibras solúveis determinado pelo método enzimático gravimétrico a concentração de frutooligossacarídeos 1-cestose e nistose apresentados na *Tabela 3*. Feita a devida correção, a formulação B passa a ter um conteúdo em fibra solúvel de 3,5% e de 23,6% em fibra total e a formulação A passa a ter 1,75% em fibra solúvel e 12,35% em fibra total. O bolo padrão obtido da formulação P, não possui frutooligossacarídeos e portanto, não sofre alteração em seu conteúdo em fibras.

De acordo com a Legislação brasileira, um produto é considerado como fonte de fibra quando apresentar no mínimo 3% em fibras e com alto teor no mínimo 6% em fibras [7]. Portanto, as formulações P, A e B podem ser consideradas como alimentos com alto teor em fibras, uma vez que forneceram bolos contendo 12,35%, 23,60% e 9% em fibras, respectivamente.

As formulações A e B possuem além de maiores teores em fibras que a formulação P, a presença de frutooligossacarídeos (*Tabela 3*) e inulina que atuam como fibras solúveis e ainda apresentam ações prebióticas, ou seja, estimulam seletivamente a microbiota intestinal benéfica para a qual vários benefícios à saúde são atribuídos [9,19].

A composição em carboidratos solúveis dos bolos de chocolate obtidos das diferentes formulações (P, A e B) está apresentada na *Tabela 3*.

As formulações A e B, que contêm farinha de yacon, forneceram bolos com concentrações maiores em carboidratos solúveis, principalmente os frutooligossacarídeos 1-cestose e nistose, que da formulação P, que não contém frutooligossacarídeos, conforme pode ser visto na *Tabela 3*.

TABELA 3. Composição em carboidratos solúveis dos bolos de chocolate obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina (B).

Carboidratos	Formulação P	Formulação A	Formulação B
Frutose (%)	0,036 ^c	0,50 ^b	1,05 ^a
Glicose (%)	0,155 ^c	0,35 ^b	0,75 ^a
Sacarose (%)	4,30 ^b	3,76 ^c	7,89 ^a
1- cestosose (%)	-	0,34 ^b	0,72 ^a
Nistose (%)	-	0,22 ^b	0,45 ^a

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$); n.d. = não detectado.

Os frutooligossacarídeos, importantes ingredientes funcionais, apresentam como um dos seus benefícios à saúde, um aumento significativo na absorção de minerais, principalmente cálcio, no trato-intestinal [30]. Logo, considerando que as formulações A e B contêm concentrações consideráveis de cálcio e fósforo e possuem frutooligossacarídeos em suas composições, estariam fornecendo e facilitando a absorção de minerais no trato-digestivo.

Os parâmetros físicos, dureza, coesividade e volume específico, dos bolos de chocolate podem ser vistos na *Tabela 4*.

TABELA 4. Parâmetros físicos dos bolos obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina.

Parâmetros	Formulação P	Formulação A	Formulação B
Dureza (N)	5,467 ^a	3,638 ^b	3,792 ^b
Coesividade	0,718 ^a	0,691 ^a	0,656 ^b
Volume específico (cm ³ /g)	1,72 ^a	1,86 ^a	1,78 ^a

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$).

Os bolos das formulações A e B, apesar de possuírem teores de umidade menores que da formulação P (*Tabela 2*), apresentaram menores valores de dureza, ou seja, foram mais macios que o padrão. Estes resultados mostram que a umidade, que exerce importante papel nos parâmetros de qualidade física do bolo, principalmente no parâmetro dureza [27], não foi determinante nos bolos avaliados neste trabalho.

Os valores de volume específico não diferiram significativamente entre si, enquanto que a coesividade do bolo padrão não diferiu significativamente do bolo da formulação A e foi cerca de 8% maior que o da formulação B.

3.2 – Valor calórico

O valor calórico dos bolos obtidos das diferentes formulações (P, A e B) considerando as composições químicas e os coeficientes de ATWATER, estão na *Tabela 5*.

TABELA 5. Valor calórico dos bolos obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina.

Formulações	Valor calórico (kcal)
P	2,13 ^a
A	2,09 ^a
B	1,62 ^b

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$).

Os resultados indicaram que o valor calórico do bolo fornecido pela formulação A não apresentou diferença significativa do obtido da formulação P, enquanto o da formulação B apresentou valor calórico aproximadamente 24% menor que o bolo padrão. Isto demonstra que a utilização da farinha de yacon e inulina como ingredientes para bolo (substituindo parte da farinha de trigo), enriqueceram o alimento já que aumentam o teor em fibras, sem contribuir com o aumento do valor calórico.

Considerando que atualmente, um número significativo de pessoas estão acima do peso adequado, e que a obesidade é citada frequentemente como um problema sério de saúde [4], formular produtos com menor valor calórico e com ingredientes que apresentam propriedades promotoras de saúde parece ser uma opção bastante vantajosa.

3.3 – Avaliação sensorial

Os resultados da análise sensorial apresentados na *Tabela 6* demonstraram que não houve diferença significativa entre os bolos das formulações P, A e B quanto à preferência nos atributos cor, maciez e global. Com relação ao atributo aparência, referente à presença de porosidades ao longo do produto, o bolo da formulação A apresentou preferência semelhante ao bolo padrão, enquanto que o da formulação B, apesar de ter sido tão preferido quanto ao da A, foi menos apreciado que o bolo padrão. Quanto ao atributo sabor de chocolate o bolo da formulação B foi mais apreciado que o da formulação A e ambos não diferiram significativamente do padrão.

TABELA 6. Preferência dos bolos obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina em relação aos atributos avaliados

Atributos	Formulação P	Formulação A	Formulação B
Aparência	7,3 ^a	6,7 ^{ab}	6,4 ^b
Cor	7,0 ^a	7,0 ^a	6,9 ^a
Sabor de Chocolate	6,7 ^{ab}	6,1 ^b	7,2 ^a
Maciez	7,0 ^a	7,1 ^a	7,5 ^a
Global	7,0 ^a	6,6 ^a	7,1 ^a

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente quanto à aceitação ($p \leq 0,05$).

Na avaliação global, além dos bolos terem apresentado preferência semelhante, é importante ressaltar que a rejeição (% de notas inferiores a 4) em conjunto com “não gostei nem desgostei” (% de notas 5) em relação aos bolos formulados com farinhas particularmente substituída foram baixas, sendo de 17% para a formulação A e de 11% a B, e para o bolo padrão (P) foi de 6%.

Os índices de preferência [20] dos bolos das formulações A (73%) e B (79%) foram próximos ao da formulação P (78%).

Considerando que ao se desenvolver um novo produto, um dos pontos fundamentais é avaliar sua aceitabilidade, a fim de predizer seu comportamento frente ao mercado consumidor [24], a substituição parcial de farinha de trigo por inulina e/ou farinha de yacon não modificou a formulação do bolo de forma a alterar a sua preferência ou aceitação.

3.4 – Estabilidade de armazenamento

Os valores de umidade, atividade de água (Aw) e pH estão apresentados na *Tabela 7*.

TABELA 7. Teor de umidade, atividade de água (Aw) e pH dos bolos obtidos da formulação padrão (P); da formulação (A) contendo a farinha de trigo substituída em 20% por farinha de yacon e (B) contendo a farinha de trigo substituída em 40% por farinha de yacon e em 6% por inulina.

Formulações	1º dia			4º dia		
	Umidade (%)	Aw	pH	Umidade (%)	Aw	pH
Formulação P	43,57 ^{ab}	0,958 ^{aA}	7,76 ^{aA}	39,76 ^{ab}	0,965 ^{aA}	7,57 ^{ab}
Formulação A	38,91 ^{ba}	0,954 ^{aA}	7,55 ^{ba}	36,94 ^{bb}	0,959 ^{aA}	7,21 ^{bb}
Formulação B	38,57 ^{ba}	0,946 ^{aA}	7,18 ^{ca}	37,99 ^{ba}	0,952 ^{aA}	7,11 ^{ba}

Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$); Médias das mesmas análises acompanhadas de letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$).

Os teores de umidade dos bolos das formulações no 1º dia (data de fabricação) mostraram-se semelhantes aos demonstrados na *Tabela 2*, com o bolo da formulação P apresentando o maior teor de umidade, seguido dos bolos das formulações A e B.

No 4º dia, o teor de umidade do bolo da formulação B não sofreu alteração significativa em seu valor, quando comparado ao valor do 1º dia, enquanto que os bolos das formulações A e P apresentaram diminuições de aproximadamente 5% e 9%, respectivamente. Estes resultados confirmaram que os frutooligossacarídeos da farinha de yacon e a inulina são capazes de interagir com a água dificultando sua perda do alimento [23,25], o que poderia prejudicar a textura do bolo, principalmente a maciez. Assim, quanto maior a concentração de farinha de yacon e inulina, menor a chance do bolo perder umidade e sofrer alterações em sua maciez durante o armazenamento. Contudo, a diminuição da umidade dos bolos das formulações A e P não foram tão elevadas, levando a crer que não causariam grandes alterações na textura dos bolos.

Como as atividades de água dos bolos não variaram significativamente em relação às formulações e aos tempos de avaliação, elas serviram apenas para indicar que os bolos poderiam apresentar degradação microbiana, já que alimentos com Aw acima de 0,6 favorecem o desenvolvimento microbiano. Entretanto, os bolos não apresentaram crescimento para bolores e leveduras, *Salmonella sp.* e coliformes totais em nenhum dos dias avaliados.

Com relação ao pH, tendo em vista que o bolo padrão foi o que apresentou o maior valor (7,76), seguida do bolo da formulação A (7,55) e B (7,18), os valores de pH do 1º dia foram provavelmente reflexo da composição química de cada formulação, diminuindo com o aumento da concentração da farinha de yacon e presença de inulina. O bolo da formulação B não apresentou variação significativa dos valores de pH do 1º para o 4º dia, porém os bolos das formulações A e P apresentaram variações significativas em nível de 5%. A diminuição nos valores de pH dos bolos das formulações A e P poderiam ser explicadas pelo aumento da concentração de íons H⁺ devido à perda de umidade que ocorreu nos mesmos [5]. Contudo, o nível de alteração dos valores de pH não foi tão expressivo a ponto de fazer com que os bolos passassem de produtos com pH neutro a produtos com pH ácido que poderia prejudicar os seus sabores.

Em geral, considerando as condições e o tempo médio de exposição para venda de bolos comercializados prontos, os bolos das formulações P, A e B mostraram-se estáveis com relação ao teor de umidade, crescimento microbiano e valores de pH, com destaque para o bolo da formulação B.

4 – CONCLUSÕES

Farinha de yacon e inulina apresentaram-se como ingredientes adequados para formulação de bolo de chocolate, uma vez que as formulações contendo inulina e/ou farinha de yacon demonstraram de maneira geral, propriedades químicas, físicas, preferência e estabilidade de armazenamento comparáveis com as da formulação padrão para bolo de chocolate. Em adição, possuem como vantagens maior maciez e teor de fibra alimentar; valor calórico igual ou menor que o bolo padrão e a presença de frutanas como inulina e frutooligossacarídeos, que além de se apresentarem como fibras solúveis, possuem ação prebiótica para a qual vários benefícios à saúde são atribuídos.

Portanto, as formulações de bolo de chocolate contendo inulina e/ou farinha de yacon atendem as exigências do mercado consumidor atual que deseja produtos com qualidade sensorial e nutricional associada a benefícios adicionais para a saúde.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC**

- international**. 14 ed., Virginia, 1984, v. 2.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 16 ed., Arlington, 1995, v. 2.
- [3] ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUCHUJA, K.; KANO, I.; HORI, T.; OHYAMA, M.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Fluctuations of oligofructan contents in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Japanese Society of soil Science Plant Nutrition**, Tokio, v. 62, p. 621-627, 1991.
- [4] ATTIA, E.S.; SHEHATA, H.H.; ASKAR, A. An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes. **Food Chemistry**, Oxford, v. 48, n. 2, p. 169-172, 1993.
- [5] BAIK, O.D.; MARCOTTE, M.; CASTAIGNE, F. Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens. Part II. Evaluation of quality parameters. **Food Research International**, Ontario, v. 33, p. 599-607, 2000.
- [6] BOUTRIF, E. Recent developments in protein quality evaluation. **Food Nutrition and Agriculture/ Alimentacion Nutricion y Agricultura**, Roma, v. 2/3, p. 36-40, 1991.
- [7] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 11E, p. 4-13, jul, 1998.
- [8] BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº.12, de março de 1978. Estabelece padrões de qualidade e identidade para alimentos e bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 11499-11528, jul., 1978.
- [9] GIBSON, G.R. Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin. **Journal of Nutrition**, Madison, v.129 (Suppl.), p. 1438-1441, 1999.
- [10] GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota – introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Madison, v. 125, p. 1401-1412, 1995.
- [11] GOTO, K.; FUKAI, K.; HIDIKA, J., NANJO, F.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 59, p. 2346-2347, 1995.
- [12] GUIGOZ, Y.; ROCHAT, F.; PERRUSSEAU-CARRIER, G.; ROCHAT, J.; SCHIFFRIN, E.J. Effects of oligosaccharides on the faecal flora and non-specific immune system in elderly people. **Nutrition of Research**, Tarrytown, v. 22, p. 13-25, 2002.
- [13] HOEBREGS, H. Fructans in foods and food products, ion-exchange chromatographic method: collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemistry International**, Arlington, v. 80, p. 1029-1037, 1997.
- [14] IDRIS, N.; ENBONG, M.S.; ABDULLCH, A.; CHEHA, C.M.; HASSAR, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid**, Kuala Lumpur, v. 98, n. 4, p. 144-148, 1996.
- [15] KARAOGLU, M.M.; KOTANCILAR, H.G.; ÇELIK, I. Effects of utilization of modified starches on the cake quality. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 53, n. 3/4, p. 162-169, 2001
- [16] LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATTO, A.; VITTI, P.; SHIROSE, I.; MORI, E.E.M. Estudos de duas cultivares de tritcale e sua aplicação em produtos de massas alimentícias (macarrão, biscoito e bolos). **Boletim ITAL**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 325-334, 1984.
- [17] LIZÁRRAGA, L.; ORTEGA, R.; VARGAS, W.; VIDAL, A. **Cultivo del yacón (*Polymnia sonchifolia*)**. Curso Pré congreso. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CULTIVOS ANDINOS, 11, 1997, Cuzco. Resúmenes... Cuzco, 1997. p. 65-7.
- [18] MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 387p.
- [19] MILNER, J.A. Functional food and health promotion. **Journal of Nutrition**, Madison, v.129 (Suppl.), p. 1395-1397, 1999.
- [20] MONTEIRO, C.L.B. **Técnicas de avaliação sensorial**. 2. ed. Curitiba: UFPR/Centro de Pesquisa e processamento de Alimentos (CEPPA), 1984.
- [21] NINNESS, K.R. Inulin and oligofructose: what are they? **Journal of Nutrition**, Madison, v.129 (Suppl.), p. 1402-1406, 1999.
- [22] NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2. ed. São Paulo, 1985. v. 1, p. 32.
- [23] ROBERFROID, M.B. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **CRC-Critical Reviews Food Science and Nutrition**, Bruxelas, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.
- [24] ROBERTSON, J.A. Application of plant-based byproducts as fiber supplements in processed foods. **Recent Research Development in Agricultural & Food Chemistry**, v. 2, p. 705-717, 1998.
- [25] SILVA, R.F. Use of inulin as a natural texture modifier. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 41, n. 10, p. 792-794, 1996.
- [26] SIMONOVSKA, B. Determination of inulin in foods. **Journal of Association of Official Analytical Chemistry International**, Arlington, v. 83, n. 3, p. 675-678, 2000.
- [27] SYCH, J.; CASTAIGNE, F.; LACROIX, C. Effects of initial moisture content and storage relative humidity on textural changes of layer cakes during storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, p. 1604-1610, 1987.
- [28] TORRES, E.A.F.S.; CAMPOS, N.C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M.L.; PHILIPPI, S.T.; RODRIGUES, R.S.M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.
- [29] WATT, B.; MIRRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Consumer and Food Economics Research Divisions/Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbooke, 8)
- [30] YOUNES, H.; COUDRAY, C.; BELLANGER, J.; DEMIGNÉ, C.; RAYSSIGUIER, Y.; RÊMÉSY, C. Effects of two fermentable carbohydrates (inulin and resistant starch) and their combination on calcium and magnesium balance in rats. **Journal of Nutrition**, Madison, v. 86, p. 479-485, 2001.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro.