

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

LAIS DOS SANTOS NEVES

**AÇÚCARES EMPREGADOS NO PROCESSAMENTO
DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS:
PARÂMETROS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE**

BAURU
2012

LAIS DOS SANTOS NEVES

**AÇÚCARES EMPREGADOS NO PROCESSAMENTO
DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS:
PARÂMETROS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Prof^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.

BAURU
2012

Neves, Lais dos Santos

N518i

Açúcares empregados no processamento de balas duras e mastigáveis: parâmetros para o controle de qualidade / Lais dos Santos Neves -- 2012.

46f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru – SP.

1. Açúcar. 2. Balas. 3. Parâmetros de qualidade I. Coutinho, Ana Paula Cerino. II. Título.

LAIS DOS SANTOS NEVES

**AÇÚCARES EMPREGADOS NO PROCESSAMENTO
DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS:
PARÂMETROS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Química, sob orientação da Prof^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade do Sagrado Coração

Prof.^a Dra. Eliane Maria Ravasi Stéfano Simionato
Universidade do Sagrado Coração

Prof.^a Dra. Márcia Aparecida Zeferino Garcia
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 07 de dezembro de 2012.

Dedico este trabalho à
Deus, amigos e
professores.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é um modo de dividir minha alegria, realização, com aqueles que foram fundamentais nesse percurso, que tanto me apoiaram e ficaram do meu lado...

Agradeço primeiramente a Deus, por meio de Jesus Cristo, pois é dele que deriva a minha fé, tive a certeza da sua presença até nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Ana Paula Cerino Coutinho, uma pessoa humilde, justa, paciente..., empática e que mantém um relacionamento horizontal com os alunos. Sempre estive á disposição perante as minhas dúvidas e dificuldades ao longo do curso e deste trabalho. Você é uma inspiração para mim! Só posso desejar que Deus ilumine sua família!

Aos meus maravilhosos amigos conquistados ao longo deste percurso, especialmente à Lara Aparecida Borges Bernardino, e Anderson Mello da Silva, que estiveram presente me incentivando, e me auxiliando principalmente perante as minhas angústias, dificuldades e alegrias na realização deste trabalho.

Á todos os professores pela paciência e dedicação, aqui representado pelo Prof. Me. Dorival Roberto Rodrigues, o qual considero um exemplo de professor, extremamente didático, você agrega qualidade à Universidade, sempre lembrarei de você como um exemplo! Feliz daquele que foi seu aluno!

Á Prof.^a Dra. Eliane Maria Ravasi Stéfano Simionato e Prof.^a Dra. Márcia Aparecida Zeferino Garcia, que gentilmente aceitaram o convite para compor a banca e foram extremamente prestativas, aprendi muito com vocês!

E enfim a todos que contribuíram de algum modo neste trabalho, sem vocês este sonho não seria realizado.

Á todos vocês o meu muito obrigado por tudo!

“Quando verificares, com tristeza, que nada sabes, terás feito teu primeiro progresso no aprendizado”

Jigoro Kano.

“Se algum dia lhe disser que o seu trabalho não é digno de um profissional, lembre-o, profissionais construíram o Titanic e amadores a Arca de Noé”

Autor desconhecido.

RESUMO

Diversos derivados do açúcar são amplamente utilizados desde a indústria de base até a indústria final alimentícia. As balas são obtidas a partir do cozimento dos açúcares e adição de corantes, aromatizantes e acidulantes e, normalmente são classificadas em duras e mastigáveis. O açúcar é uma matéria-prima muito utilizada na produção de balas, com a finalidade de transmitir o sabor doce e dar corpo ao produto e, as suas características dependerão do efeito desejado na bala. O açúcar utilizado na produção de balas pode apresentar-se sob a forma líquida ou líquida invertido, devido as suas inúmeras vantagens. Destaca-se o poder edulcorante do açúcar líquido invertido, este possui valores 75% a 80% maiores do que quando comparado com a sacarose na forma cristal. As propriedades físico-químicas do açúcar interferem diretamente na obtenção do produto final, pode-se destacar: pH, °Brix, açúcares redutores, polarização, umidade e cinzas. O cumprimento de tais parâmetros influenciará diretamente nos processos industriais e conseqüentemente na obtenção de uma bala com qualidade, evitando custos adicionais. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características e propriedades da sacarose, do açúcar líquido e do açúcar líquido invertido. Também foram abordadas as etapas do processamento de balas duras e mastigáveis; além de demonstrar a influência dos parâmetros de processo na produção das balas.

Palavras - chave: Açúcar. Balas. Parâmetros de qualidade.

ABSTRACT

Several sugar derivatives are widely used from the basic industry to the final food industry. The candies are obtained by cooking sugars and adding food coloring, flavoring and acidifier and, usually are ranked as hard and soft. Sugar is the raw material mostly used in candy manufacturing, with the purpose of transmitting the sweet flavor and giving volume to the product and, its characteristics depend on the desired effect of the candy. The sugar used in candy manufacturing might present itself as syrup or inverted syrup, due to its numerous advantages. We highlight the sweetening activity of inverted sugar syrup, which has amounts of 75% to 80% higher when compared with sucrose crystals. The physicochemical properties of sugar directly interfere in achieving the final product, enabling to stand out: pH, °Brix, reducing sugars, polarization, humidity and ash. The accomplishment of such parameters shall directly influence the industrial process and consequently the acquisition of high quality candy, avoiding additional costs. This study aimed to assess the characteristics and properties of sucrose, sugar syrup and inverted sugar syrup. The stages of processing hard and soft candies were also approached, in addition to demonstrating the influence of parameters of the process in candy manufacturing.

Keywords: Sugar. Candies. Quality parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura química da sacarose.....	12
Figura 2 – Grupos envolvidos na ligação glicosídica da sacarose.....	13
Figura 3 – Hidroxila livre da glicose.....	14
Figura 4 – Substâncias obtidas a partir da sacarose por via química ou fermentativa e possíveis aplicações.....	17
Figura 5 – Etapas da produção de açúcar líquido.....	18
Figura 6 – Reação de inversão da sacarose.....	21
Figura 7 – Balas duras com formatos variados.....	25
Figura 8 – Balas mastigáveis.....	26
Figura 9 – Fluxograma de fabricação de balas duras estampadas.....	26
Figura 10 – Cozinhador tipo serpentina com extração descontínua.....	28
Figura 11 – Cozinhador tipo serpentina com extração contínua.....	29
Figura 12 – Conjunto formador para produção de balas duras.....	30
Figura 13 – Trefila.....	30
Figura 14 – Fluxograma de balas mastigáveis.....	31
Figura 15 – Cozedor de balas.....	32
Figura 16 – Vista parcial do equipamento utilizado na trefilagem.....	33
Figura 17– Esquema de funcionamento do estampo para balas.....	34
Figura 18 – Faixa de temperatura de transição vítrea para uma solução de 80% de sacarose.....	38
Figura 19 – Parâmetros de processo na fabricação de balas duras.....	40
Figura 20 – Mela.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	AÇÚCARES	12
2.1	SACAROSE.....	12
2.2	PROPRIEDADES DOS AÇÚCARES.....	13
2.3.	UTILIZAÇÃO DA SACAROSE.....	16
2.3.1	Açúcar líquido	17
2.3.2	Açúcar líquido invertido	20
3	BALAS	25
3.1	PROCESSAMENTO DE BALAS DURAS.....	26
3.2	PROCESSAMENTO DE BALAS MASTIGÁVEIS.....	31
4	PARÂMETROS DE QUALIDADE NO PROCESSAMENTO DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
6	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O açúcar está presente em diversos alimentos, é um dos carboidratos, mais utilizados pelo homem como fonte de energia, através do metabolismo da glicose. (FRANCISCO JUNIOR, 2008). Constitui a maior fonte de energia renovável da Terra. (FERREIRA; ROCHA; SILVA, 2009).

O produto conhecido comercialmente como açúcar é a sacarose, que é, obtido da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e beterraba (*Beta vulgaris*), é um dissacarídeo obtido por uma molécula de glicose e uma de frutose unidas por uma ligação glicosídica (SARANTOPOULOS et al., 2001 citado por FERREIRA, 2008).

O açúcar é um dos insumos mais importantes na produção de balas, sendo assim é de fundamental importância garantir sua qualidade, pois definirá as características finais da bala. A utilização de açúcares dentro dos parâmetros especificados possibilitará a obtenção de um produto com características desejadas.

Na indústria de alimentos, os parâmetros de qualidade do açúcar a serem considerados na produção de balas são: teor de açúcares redutores, polarização, umidade, cinzas, °Brix e pH. (SPANEMBERG, 2010).

As balas são obtidas a partir do cozimento dos açúcares e adição de corantes, aromatizantes e acidulantes, para resultar em produtos com características próprias e aceitáveis ao consumidor. (KHALIL, 2004 citado por FERREIRA, 2008).

Oliveira (2006) destaca como parâmetros no processo industrial de balas, o tamanho, o peso e a textura. Produtos fora das especificações são reprocessados ou muitas vezes refugados, acarretando em custo adicional no processo produtivo. Isso pode transformar o processo inviável perante à concorrência atual.

A sacarose sob a forma de açúcar líquido é utilizada na produção de biscoitos, bebidas claras e carbonatadas, balas e doces, e é empregado onde a ausência de cor é fundamental, para não afetar as características visuais do produto final. (COPERSUCAR, 1999 citado por BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Na produção de balas, a sacarose é utilizada com a finalidade de transmitir o sabor doce e encorpar o produto e pode ser empregada dependendo do efeito que se deseja a bala. (GARCIA et al., 2007).

A sacarose utilizada no processamento de balas pode ser encontrada em duas formas: na forma de cristais, comercializada em sacos ou a granel, e na forma de sacarose líquida, comercializada em tambores ou a granel. (GARCIA et al., 2007).

Para a obtenção de balas duras translúcidas, de aparência cristalina, é necessária a utilização de sacarose com alto grau de pureza e baixo conteúdo de cinzas. (OETTERER; 2003; HANSENCLEVER, 2003 citado por FERREIRA, 2008).

Em balas duras a temperatura de transição vítrea (T_g), com 2 a 3% de umidade é consideravelmente elevada (40-50°C), demonstrando assim probabilidade mínima de cristalização à temperatura ambiente. A umidade relativa de equilíbrio para balas duras é de 30%, favorece, portanto, à absorção de umidade. Se houver aumento da umidade, ocorrerá redução da (T_g) e a cristalização será favorecida. (GARCIA et al., 2007).

Mothé (2001) citado por Oliveira (2006), afirma que a textura de balas mastigáveis depende da quantidade da matéria prima utilizada, como por exemplo, a proporção de sacarose adequada. O papel da glicose é evitar a cristalização da sacarose, além de conferir viscosidade e diminuir a grande doçura da bala mastigável. O parâmetro que envolve a formulação de açúcares determinante na qualidade de balas mastigáveis é o valor do °Brix, que deve ficar em torno de 90-93% (CALGAROTO et al., 2006), ainda o controle de açúcares redutores e acidez.(OLIVEIRA, 2006).

Este trabalho teve como objetivo descrever as características e propriedades da sacarose, do açúcar líquido e do açúcar líquido invertido. Também foram abordadas as etapas do processamento de balas duras e mastigáveis; além de demonstrar a influência dos parâmetros de processo na produção de balas duras e mastigáveis.

2 AÇÚCARES

2.1 SACAROSE

A sacarose é comumente conhecida como açúcar, apresenta fórmula molecular ($C_{12}H_{22}O_{11}$), e é muito solúvel em água devido ao seu baixo peso molecular 342,297g/mol, e pode ser obtida da cana-de-açúcar e da beterraba. (CAMPBELL; FARREL, 2007). A sacarose está presente em todas as plantas que realizam a fotossíntese. (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

A sacarose pertence ao grupo dos carboidratos, é um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos: α -D-glicose e a α -D-frutose, sendo que a glicose é uma aldose e a frutose uma cetose, e são unidas através de uma ligação glicosídica $\alpha,\beta \rightarrow 1-2$ através dos seus carbonos anoméricos, como mostra a Figura 1. (CAMPBELL; FARREL, 2007).

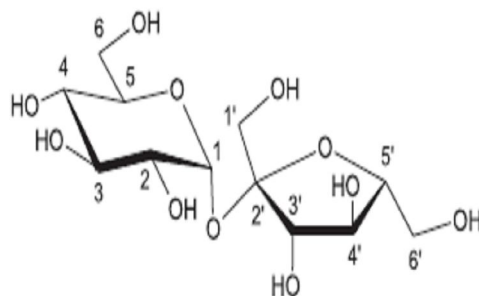


Figura 1 - Estrutura química da sacarose.
Fonte: Boscolo, (2003).

De acordo com a Figura 1 o carbono α C-1 da glicose está ligado ao carbono β C-2 da frutose em uma ligação glicosídica $\alpha \rightarrow 1-2$. A ligação glicosídica é a união de duas hidroxilas de monossacarídeos e na ligação ocorre a remoção de uma molécula de água. A sacarose não é um açúcar redutor porque os dois grupos anoméricos estão envolvidos na ligação glicosídica como mostra a figura 2. (CAMPBELL; FARRELL, 2007).

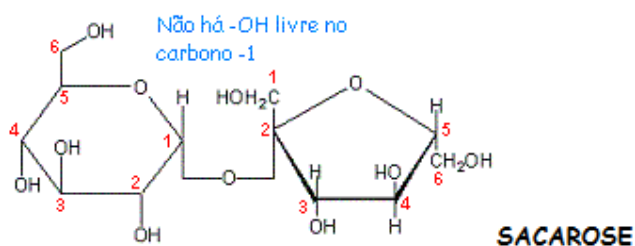


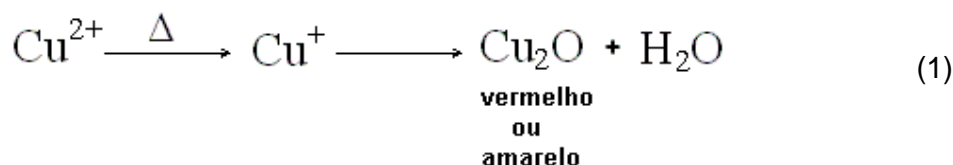
Figura 2 - Grupos envolvidos na ligação glicosídica da sacarose.
Fonte: (SOUZA; NEVES, [2012]).

Entretanto, caso a sacarose sofra hidrólise prévia, pode apresentar falso positivo, graças à liberação da glicose. (FRANCISCO JUNIOR, 2008).

2.2 PROPRIEDADES DOS AÇÚCARES

A higroscopicidade é uma das propriedades mais relevantes da sacarose, consiste na capacidade de absorção de água e está relacionada, com a estrutura, combinação de isômeros e de sua pureza. A higroscopicidade está diretamente condicionada à existência de grupos hidroxila, que possuem a capacidade de fazer ligação com a água perante a união de pontes de hidrogênio. Os açúcares impuros e os xaropes absorvem água em maior velocidade do que os açúcares puros, pois as impurezas inibem a união de ligações entre os açúcares e deixam livres os grupos hidroxila que podem se ligar facilmente às moléculas de água. (ORDÓNEZ et al., 2005).

Os carboidratos redutores têm grupos aldeídos ou cetonas livres, são oxidantes em solução alcalina de íons de cobre. Os íons cúpricos (Cu^{2+}) cuja coloração é azul são reduzidos após aquecimento pela carbonila dos carboidratos a íons cuprosos (Cu^{+}) originando o óxido cuproso, que apresenta a coloração vermelho tijolo. A reação 1 mostra o princípio da prova de Benedict, baseada na redução de íons Cu^{2+} a Cu^{+} , com a formação de um precipitado vermelho ou amarelo. (SOUZA; NEVES, [2012]).



Todos os monossacarídeos reagem positivamente, assim, frutose, glicose e o mel de abelha apresentam tal característica. (FRANCISCO JUNIOR, 2008). Nota-se que os açúcares que tem a hidroxila livre no carbono 1 são facilmente reduzidos. Assim o açúcar que apresenta a hidroxila OH livre é um açúcar redutor. (SOUZA; NEVES, [2012]).

A Figura 3 mostra a hidroxila livre da glicose:

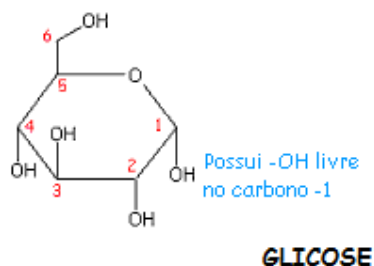


Figura 3 - Hidroxila livre da glicose.
Fonte: (SOUZA; NEVES, [2012]).

Outra propriedade dos monossacarídeos é a existência mínima de um carbono assimétrico (exceto diidroxicetona), tal fato incide na ocorrência de formas isoméricas opticamente ativas. (FRANCISCO JUNIOR, 2008).

Em solução aquosa uma combinação de açúcares, nota-se a modificação de isômeros de uns em outros. Tal modificação apresenta-se perante a alteração na rotação específica até alcançar o valor final que satisfaz a ocasião em que as formas isoméricas encontram-se em equilíbrio. Perante as condições normais, o equilíbrio é alcançado vagarosamente, podendo demorar muitas horas, e assim, a rotação específica característica da solução. (ORDÓNEZ et al., 2005).

A alteração de determinada forma isomérica em outra ocorre facilmente por polarimetria, e os valores alcançados são específicos para cada açúcar sob características determinadas, assim são diversos os fatores que determinam a mutarrotação; os ácidos e as bases agem como catalisadores, entretanto as bases são mais eficientes, pois aumentam a velocidade da reação. Da mesma maneira a temperatura influencia no processo, aumentando a mutarrotação de 1,5 a 3 vezes para cada 10°C de aumento. (ORDÓNEZ et al., 2005).

A cristalização é uma das principais características dos açúcares, é a capacidade de formar cristais. Em geral obtém-se a cristalização resfriando soluções saturadas dos açúcares, com o que se provoca a imobilização e a reorganização

das moléculas, formando-se um cristal. Os fatores que mais influem no crescimento dos cristais são os seguintes: grau de saturação da solução original, temperatura, natureza, natureza da superfície do cristal e natureza e concentração das impurezas presentes na solução, que podem ser adsorvidas á superfície do cristal, reduzindo assim sua velocidade de crescimento. O tempo de cristalização também influi bastante no tamanho dos cristais, pois, quanto mais lento é o resfriamento, maior é o tamanho destes. (ORDÓNEZ et al., 2005).

O poder edulcorante é uma das características mais relevantes da sacarose. Os mono e oligossacarídeos têm sabor doce, exceto raríssimas exceções, a sacarose é a mais importante. (ORDÓNEZ et al., 2005).

Geralmente o poder edulcorante do açúcar não é relacionado com sua concentração, assim torna-se complexo garantir que um açúcar é n vezes mais doce a determinação do patamar de percepção do sabor que outro. Para isso, determina-se a intensidade do sabor doce perante ou ainda comparando-se normalmente com a sacarose, um açúcar de referência. (ORDÓNEZ et al., 2005).

A Tabela 1 apresenta o poder edulcorante da sacarose, frutose e glicose.

Tabela 1 - Poder edulcorante de diversos açúcares.

Poder edulcorante relativo (PE) de diversos açúcares (% p/p)		
Açúcar	PE em solução	PE em forma cristalina
Sacarose	100	100
β -D-Frutose	100-175	180
α -D-Glicose	40-79	74
β -D-Glicose	< α -anômero	82
β -D-Lactose	48	32

Fonte: Fennema, 1992 citado por Ordóñez et al., 2005.

A intensidade e qualidade do sabor estão condicionadas não somente pela estrutura do açúcar (a intensidade do sabor é reduzido nos oligossacarídeos com o aumento da extensão da cadeia), mas ainda pela temperatura, pH e da existência de outras substâncias que venham a interferir nos receptores de sabor. Ainda assim, ocorre uma relação direta entre a quantidade de açúcar e a apreciação de

substâncias aromáticas existentes de maneira simultânea; também a cor do alimento pode influir na apreciação do sabor. (ORDÓNEZ et al., 2005).

O xarope de glicose é uma combinação líquida de glicose, maltose e carboidratos que provém da hidrólise parcial do amido. O amido pode ser proveniente de matérias-primas como batata, mandioca, milho e arroz. (KHALIL, 2004 citado por FERREIRA, 2008).

Tal xarope possui a propriedade de evitar a cristalização, devido ao aumento da solubilidade da sacarose e apresentar polissacarídeos complexos que aumentam a viscosidade da solução de açúcares. Devido ao seu menor peso molecular ocasiona uma maior pressão osmótica, inibindo a atividade de micro-organismos. (FREITAS, 2004; GALLI et al., 2004; BOBBIO, 2001 citado por KHALIL, 2004 citado por FERREIRA, 2008).

2.3 UTILIZAÇÃO DA SACAROSE

A sacarose, por ser matéria-prima de fonte renovável, vem despertando diversas pesquisas em diferentes segmentos. (BOSCOLO, 2003).

O ramo da química que estuda a utilização da sacarose como matéria-prima e sua seguinte transformação, por meio de processos químicos e/ou enzimáticos, em novos produtos químicos de maior valor agregado é conhecido como Sucroquímica. (FERREIRA; ROCHA; SILVA, 2009).

Na indústria alimentícia podem ser empregados diversos derivados da sacarose, tais como:

- Acetato-isobutirato, um poliéster viscoso, comercializado como SAIB (sucrose acetate isobutirate), utilizado com a finalidade de corrigir a densidade em diversos tipos de bebidas (REYNALDS, 1988 citado por BOSCOLO, 2003).
- Os ésteres de sacarose podem ampliar a vida de prateleira de muitos vegetais, produtos como o Semprefresh®, garantem uma diminuição na oxidação de α -farneseno em células hipodérmicas de maçã e pêras, reduzindo desta maneira o escurecimento dessas frutas. (BAUCHOT et al., 1995 citado por BOSCOLO, 2003).
- Determinados ésteres de sacarose controlam bactérias mesofílicas e termofílicas formadoras de esporos como *Clostridium perfringers*, em

alimentos embalados hermeticamente. (SIKES; EHIOBA, 1999 citado por BOSCOLO, 2003).

A Figura 4 mostra as principais substâncias obtidas a partir da sacarose por via química ou fermentativa e possíveis aplicações:

Substância	Processo	Aplicações
Ácido acético	Bioquímico - <i>Clostridium thermoaceticum</i>	solvente, cosméticos, alimentação
Ácido cítrico	Bioquímico- <i>Aspergillus niger</i>	acidulante
Ácido láctico	Bioquímico - <i>Lactobacillus delbrueckii</i>	intermediário
Ácido tartárico	Químico e Bioquímico – <i>Gluconobactersuboxydans</i>	flavorizante, fotografia, bebidas, ligante quiral
Ácido L-glutâmico	Bioquímico - <i>Micrococcus glutamicus</i>	alimentos
Sucralose	Químico	Adoçante artificial
Açúcar invertido	Químico ou Bioquímico	alimentos

Figura 4 - Substâncias obtidas a partir da sacarose por via química ou fermentativa e possíveis aplicações.

Fonte: Ferreira, Rocha e Silva (2009). Adaptado pela autora.

Além de a sacarose ser utilizada como matéria-prima para diversos processos, ela também é muito utilizada como ingrediente em diversos produtos. (FERREIRA; ROCHA; SILVA, 2009).

2.3.1 Açúcar Líquido

O açúcar líquido é obtido pela dissolução de açúcar sólido em água seguido pelo processo de purificação e descoloração, resultando assim num produto transparente e límpido. Normalmente, apresenta concentração de 66,7 a 67,3% de sólidos de açúcar solúveis em água (°Brix). É um produto semelhante no que diz respeito ao sabor e poder adoçante do açúcar sólido. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002). Geralmente apresenta 67% de sólidos e pode conter até 5% de açúcar invertido para evitar a cristalização. (AÇÚCARES..., 2008).

A obtenção do açúcar líquido ocorre por meio de diversos processos físico-químicos, tais como: clarificação, recristalização, esterilização. Inicialmente é realizada a diluição do açúcar cristal em água, a solução resultante é clarificada e posteriormente, a calda formada é filtrada. Após a filtração, acontece o resfriamento e a esterilização. Por fim, o açúcar líquido obtido, é armazenado em tanques de aço por até quarenta e oito horas. Estes processos proporcionam um produto final de solução aquosa, transparente e límpido. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

A Figura 5 mostra as etapas de produção do açúcar líquido.

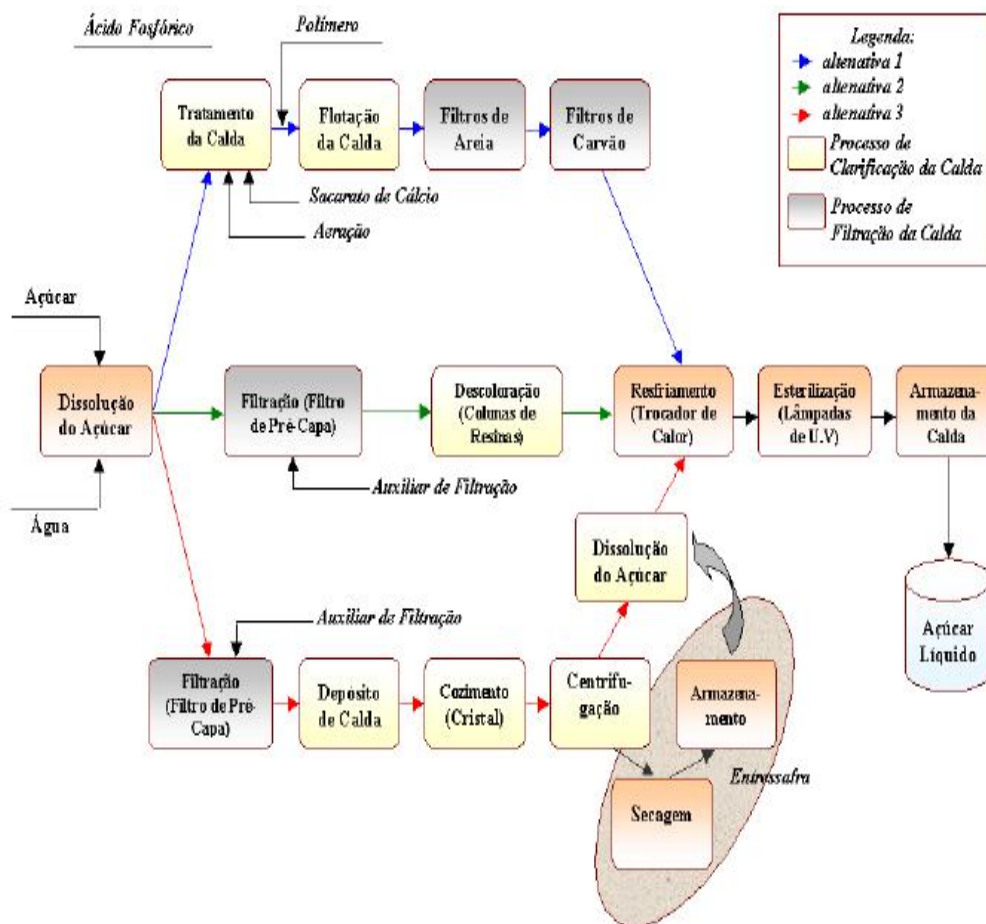


Figura 5 - Etapas da Produção de Açúcar Líquido.

Fonte: Adaptado de Copersucar, (1999), citado por Bianchini e Assumpção (2002).

De acordo com a figura 3 observa-se que o açúcar líquido pode ser produzido por três processos diferentes. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002)

Na alternativa 1 a clarificação da calda é feita por fosfatação. O ácido fosfórico (H_3PO_4) é adicionado à calda já clarificada. Em seguida, a calda é

encaminhada para flotação. A filtração ocorre em areia e carvão. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Tal alternativa está em desuso pelas usinas devido ao elevado custo dos insumos usados na etapa de clarificação da calda. Então, a alternativa 2 tem sido preferida em relação a alternativa 1.(BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Na alternativa 2 a clarificação é realizada pela passagem da calda em colunas de resinas de troca iônica e a filtração, em filtros pré-capas.(BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Na alternativa 3 a purificação e a remoção das impurezas é conseguida por meio de recristalização da sacarose (cozimento e centrifugação) e a filtração é realizada por filtros pré-capas. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

O açúcar líquido, após a produção, deve apresentar as especificações químicas que estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificação química típica do açúcar líquido

Especificação química típica do açúcar líquido		
Sacarose	66,5%	± 1,0
Inversão	0,5%	±1,0
Cinza	0,3%	±0,2
Ferro (ppm)	6	±0,5
Cobre (ppm)	2	±0,5
Umidade	32,9%	±0,5
pH	6	±0,2
Gravidade específica (a 20°C)	1,33	
Sólidos (por litro)	890g	

Fonte: Açúcares..., (2008).

Em diferentes aplicações na indústria alimentícia, o açúcar líquido proporciona propriedades mais interessantes quando comparado a solução cristal de sacarose, tais como:

- A ausência de cor não afeta as características visuais do produto final. (COPERSUCAR, 1999 citado por BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

- O custo produtivo é muito inferior, pois evita processos dispendiosos de diluição, armazenagem e transporte de açúcares sólidos e secagem, o que diminui custos de energia e minimiza a produção de resíduos. (GRATÃO et al., 2004).

- Pode ser mensurado com mais precisão e economia, além de não necessária a etapa de dissolução (AÇÚCARES..., 2008).

2.3.2 Açúcar Líquido Invertido

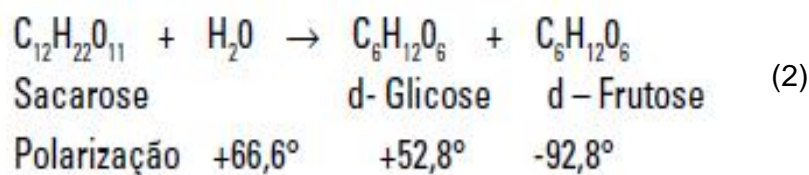
É uma combinação de massa molecular iguais de glicose e frutose, obtida por hidrólise da sacarose. (FERREIRA; ROCHA; SILVA, 2009). A inversão pode ser feita diretamente em uma solução de sacarose ou em alimentos que contém este açúcar (Rodrigues et al., 2000). O nível de inversão do açúcar pode variar de 10 a 100% de inversão. (JUNK; PANCOAST, 1973 citado por GRATÃO et al., 2004).

Os principais fatores que controlam a inversão são: a concentração dos reagentes, a concentração de ácido, a temperatura e o tempo de reação. A velocidade de inversão aumenta com a elevação da temperatura e redução do pH, podendo ocasionar um produto altamente colorido e mais higroscópico (RODRIGUES et al., 2000).

Denomina-se açúcar invertido porque, depois da hidrólise, o desvio da luz polarizada sofre inversão de sentido, primeiramente para a direita e, após a hidrólise, para a esquerda, porque a frutose é fortemente levorrotatória e altera (inverte) a fraca ação dextrorrotatória da sacarose. (FRANSCISCO JUNIOR, 2010; BENDER et al., 2007).

A inversão independente do método de obtenção gera o aumento do sabor doce e, ainda, o aumento da solubilidade do açúcar, já que a frutose livre é mais solúvel que a sacarose. Tal fator é conveniente porque aumenta a possibilidade de desenvolvimento da concentração de açúcares em uma solução. (ORDÓNEZ et al., 2005).

O açúcar invertido, geralmente, possui concentração de 76 a 78 % de açúcar sólido diluído (°Brix). (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002). A reação 2 mostra a inversão da sacarose:



De acordo com a reação 2 a polarização da sacarose pura, que é $+66,6^\circ$ (+ significa dextrógira), passa a ser de -20° (- significa levógira) para a mistura final, assim o valor negativo justifica a denominação invertido. (A EVOLUÇÃO..., 2011).

A Figura 6 mostra a reação de inversão da sacarose.

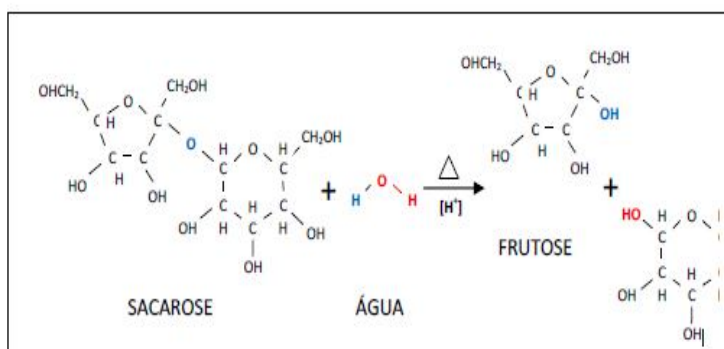


Figura 6 - Reação de inversão da sacarose.
Fonte: Spanemberg, (2010).

O açúcar invertido é um insumo essencial na indústria de balas, biscoitos, doces e leites saborizados. Em relação á sacarose sólida ou líquida apresenta 75% a 80% maior poder adoçante. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Tal açúcar tolera uma armazenagem longa (100 dias ou mais), desde que mantida condições favoráveis, e permite a obtenção de concentrações mais elevadas (75°Brix). (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

O açúcar líquido invertido pode ser alcançado por meio de diferentes tipos de hidrólise: inversão ácida, inversão enzimática e inversão catiônica (resinas).

Inversão ácida

A inversão ácida pode se feita anterior ou posteriormente á descoloração da calda. Fatores como o ácido utilizado, a temperatura de processo, a concentração

desejada, etc., influenciam diretamente o tempo de inversão. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Esse método de inversão é o mais usual, pois apresenta as seguintes vantagens:

- Baixo custo dos ácidos empregados na inversão, usualmente utiliza-se ácido clorídrico;
- O processo de inversão ocorre rapidamente;
- O processo operacional ocorre sem obstáculos;
- Baixo investimento caso haja necessidade de alterar o método de produção de açúcar líquido;
- Não ocorrem contaminações durante o processo;
- Facilidade de controle na porcentagem de inversão desejada.

No Brasil a inversão é feita em tanques de agitação com um sistema de aquecimento, e quase que a produção total é realizada por hidrólise ácida, entretanto tal hidrólise necessita da adição de soda cáustica para neutralização do ácido, gera resíduos tóxicos, e necessita de altas temperaturas. (RODRIGUES et al., 2000),(BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

Inversão enzimática

A inversão enzimática provoca a hidrólise da sacarose com a adição da enzima invertase, que é encontrada nas leveduras. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).

A hidrólise enzimática realizada pela enzima invertase produz um alto grau de hidrólise, originando um produto de alta qualidade com baixos teores de cinzas. Tal método é pouco utilizado industrialmente, devido ao elevado custo da enzima invertase. (RODRIGUES et al., 2000).

Quando realizado em indústrias, este processo apresenta como vantagem a não corrosão dos equipamentos e tubulações. A hidrólise enzimática não gera resíduos, não necessita de altas temperaturas e ainda apresenta especificidade da enzima pela sacarose. Entretanto, deve-se fazer um estudo da viabilidade econômica. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002).,(INVERT SUGAR, [2003?] citado por GOULART; ADALBERTO; MONTI, 2003).

Inversão catiônica

A hidrólise enzimática realizada pela enzima invertase produz um alto grau de hidrólise, originando um produto de alta qualidade com baixos teores de cinzas, cor e hidroximetil furfural (HMF). O fator limitante para a utilização da hidrólise enzimática em escala industrial tem sido o elevado custo da enzima invertase (RODRIGUES et al., 2000).

A inversão com resinas catiônicas é usual, e ocorre com a reação dos sais presentes na calda do açúcar com as resinas de uma coluna de leito misto, provocando uma acidez que causa a inversão parcial do açúcar. Para finalizar o processo da inversão, a calda é passada em outra coluna de resina catiônica que favorece a descoloração do produto. A inversão é concluída pela passagem da calda em outra coluna de resina catiônica que contribui para a descoloração do produto. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002). Entretanto, o meio ácido promovido pela resina catiônica pode ocasionar perda de açúcar por deterioração do mesmo, levando à formação do hidroximetil furfural (HMF) e por consequência, desenvolvimento de cor no xarope. (RODRIGUES et al., 2000).

Em diferentes aplicações na indústria alimentícia, o açúcar líquido invertido proporciona propriedades mais interessantes quando comparado a solução cristal de sacarose, tais como:

- Agrega maior maciez ao doce. (FRANSCISCO JUNIOR, 2008);
- É estável em altas concentrações, (alta solubilidade), apresenta baixa A_w , atividade de água, cor e turbidez, maior doçura relativa; maior vida de prateleira e maciez devido a uma melhor distribuição da umidade; inibição da cristalização (higroscopicidade), reação de Maillard positiva, desejável em processos industriais específicos, redução do ponto de congelamento. (BERTO, 2001; INVERT SYRUPS, [2003?], citado por GOULART; ADALBERTO; MONTI, 2003);
- Possui resistência à cristalização e a contaminação microbológica, pois é mais denso quando comparado com soluções de sacarose. (BIANCHINI, ASSUMPÇÃO, 2002; GRATÃO et al., 2004);
- Muito utilizado na indústria de refrigerantes, pois alia a alta solubilidade da frutose à difícil cristalização da glicose, aumentando seu poder edulcorante e reduzindo os riscos de cristalização. (BIANCHINI; ASSUMPÇÃO, 2002);

- Evita processos dispendiosos de diluição, armazenagem e transporte de açúcares sólidos, o que reduz custos de energia e minimiza a produção de dejetos industriais; possui cerca de 20% a mais de poder adoçante em comparação à sacarose pura; tem alta afinidade com a água reduzindo o ponto de congelamento, propriedade útil para produtos que são conservados em *freezers* (AÇUCAR..., [200?]);

- Não necessita de pasteurização, dissolução, e filtração. Promove a reação de Maillard, têm maior higroscopicidade e menor viscosidade se comparado com soluções de sacarose de mesma concentração. (AÇÚCARES..., 2008).

3 BALAS

As balas são produtos obtidos a partir do cozimento de açúcares, adicionados de corantes, aromatizantes e acidificantes, podendo conter ainda outras substâncias permitidas, características para cada tipo de bala. (CALGAROTO et al., 2006).

As balas geralmente são classificadas em:

Balas duras: É um produto preparado à base de açúcares fundidos e adicionado de substância que caracteriza o produto, como sucos de frutas, óleos essenciais e adicionado de outras substâncias permitidas, a principal característica do produto é o de apresentar-se duro e quebradiço, normalmente transparente ou translúcido. (BRASIL, 2005b). Nas balas duras são utilizados sacarose e xarope de glicose e devem estar em estado vítreo, apresentar características translúcidas, textura dura e quebradiça e com teor de sólidos solúveis de 97-98%. (CALGAROTO et al., 2006).

A Figura 7 mostra os diferentes formatos e coloração das balas duras.



Figura 7 - Balas duras com formatos variados.
Fonte: Chocotec, ([200-?]) citado por Marcelino; Marcelino (2012).

Balas mastigáveis: Tal composição é semelhante à das balas duras, entretanto submetido a amassamento mecânico até obtenção da consistência desejada. (BRASIL, 2005b). As balas mastigáveis se caracterizam pela diferença do teor de sólidos solúveis, que varia de 90-93% e pela adição de gorduras obtém maior consistência e maciez (CALGAROTO et al., 2006) e também pela umidade residual que fica entre 6-10% (FADINI et al., 2003).

A Figura 8 mostra as balas mastigáveis.



Figura 8 - Balas mastigáveis.
Fonte: Gonçalves e Rohr (2009).

3.1 PROCESSAMENTO DE BALAS DURAS

A Figura 9 mostra as etapas de produção de balas duras, Spanemberg (2010):

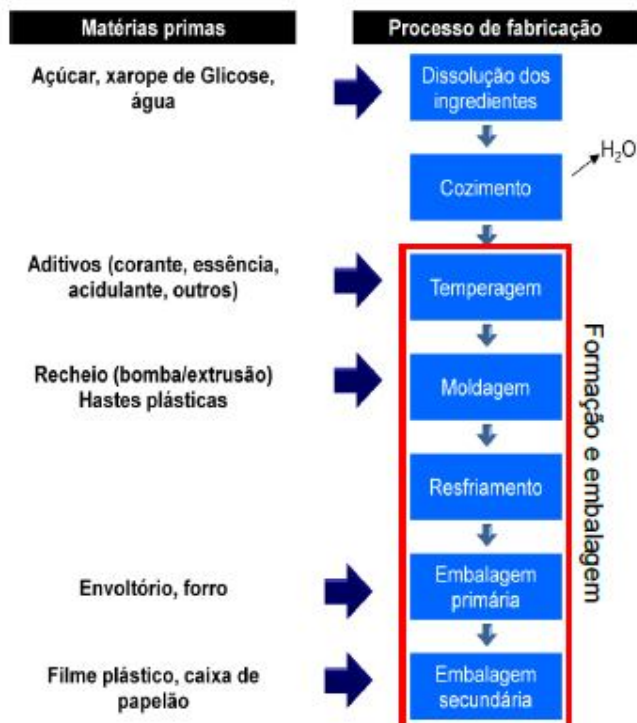


Figura 9 - Fluxograma de fabricação de balas duras.
Fonte: Spanemberg (2010).

Dissolução dos ingredientes:

De acordo com a Figura 9, após a pesagem dos ingredientes, ocorre a dissolução dos açúcares, por agitação constante e aquecida adequadamente para realizar a dissolução total dos cristais de sacarose. (SPANEMBERG, 2010).

Luccas (1999) citado por Spanemberg, (2010), afirma que a etapa de dissolução é essencial na fabricação de balas duras, pois a existência de material cristalino pode ocasionar a cristalização incontrolável nas etapas posteriores do processo. É necessário controlar a quantidade de água adicionada, para permitir a dissolução dos ingredientes, entretanto o excesso pode ocasionar o cozimento prolongado. (FADINI; QUEIROZ, 2005 citado por SPANEMBERG, 2010). Em tal etapa é fundamental a proporção e o tipo de açúcares na formulação. A formulação correta será determinante na estabilidade do produto final. (NOWAKOWSKI; HARTELN, 2002 citado por SPANEMBERG, 2010).

Posteriormente a dissolução dos açúcares a calda formada é submetida ao processo de cozimento.

Cozimento:

A dissolução do açúcar pode ser feito em cozinhadores com extração descontínua; (Figura 10), o xarope a uma temperatura de 90 a 100 °C é alimentado continuamente por bomba, passando por uma serpentina localizada dentro de uma câmara de vapor onde é cozida a temperaturas de 149° C a 152° C. (SPANEMBERG, 2010).

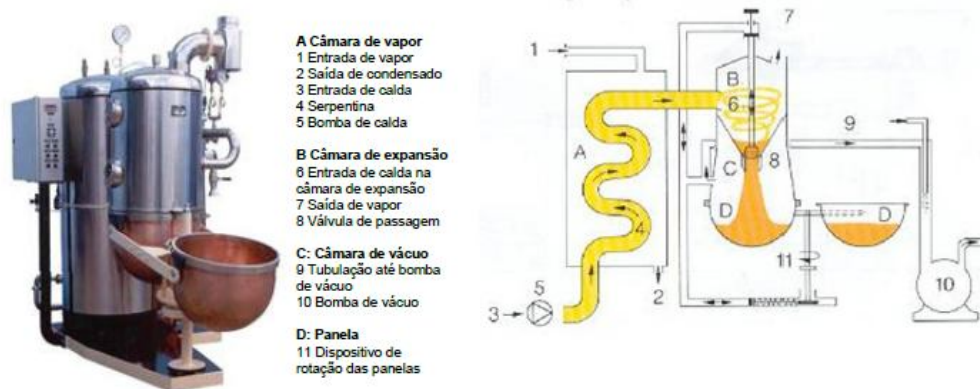


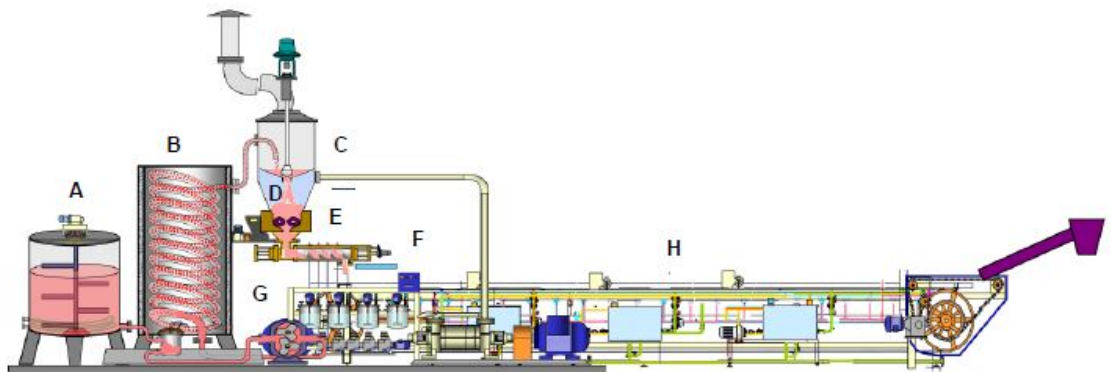
Figura 10 - Cozinhador tipo serpentina com extração descontínua.

Fonte: Adaptado de Incal (2009) e Mothé (1998) citado por Spanemberg (2010).

Em seguida, a massa é acondicionada numa câmara de expansão visando acabar com o vapor formado, e vai para uma câmara de vácuo onde a massa é resfriada, para a eliminação de bolhas e umidade. Após tal etapa, a massa é removida para um reservatório e prossegue para o processo de temperagem em mesas de resfriamento que têm camisa com circulação de água fria, nesta etapa ocorre a adição de ácido, corante e aromas. (SPANEMBERG, 2010).

Temperagem:

O processo por extração contínua a extração da massa da câmara de vácuo é realizada através de cilindros, e estes abastecem um misturador elástico onde são misturados os corantes, ácidos e aromas. A etapa de temperagem é realizada de modo contínuo através de esteiras de aço inoxidável resfriadas por jatos de água fria; (Figura 11 A). Os cozinhadores com extração contínua apresentam a vantagem de maior produtividade, também diminuem a necessidade de mão de obra e baixo teor de umidade residual na bala. Porém, apresentam elevado custo inicial e restringem a quantidade de sacarose na formulação, já que causam a formação de cristais no processo de produção. (SPANEMBERG, 2010).



(A)



- A: TANQUE PULMÃO DE CALDA
- B: CÂMARA DE VAPOR
- C: CÂMARA DE EXPANSÃO
- D: CÂMARA DE VÁCUO
- E: EXTRATOR
- F: MISTURADOR ESTÁTICO
- G: DOSADORES DE AROMAS E CORANTES
- H: ESTEIRA DE TEMPERAGEM

(B)

Figura 11 - Cozinhador tipo serpentina com extração contínua.
 Fonte: Adaptado de Arcor, 2009 citado por Spanemberg, (2010).

Também neste processo, a adição de ácidos orgânicos na massa em alta temperatura no misturador estático ocasiona maior inversão da sacarose, que pode ser reduzida pela adição de um sal tampão, usualmente é utilizado o lactato de sódio. (SPANEMBERG, 2010).

Moldagem:

Posterior a etapa de temperagem, que pode ser de modo contínuo ou descontínuo, a massa é enviada ao sistema formador, composto de bastonadeira, trefila, estampadeira e esteira de resfriamento; (Figura 12). Na bastonadeira, cones giratórios inclinados dão a massa um formato de um tronco de cone, onde a menor extremidade é adaptada para passar na trefila. (SPANEMBERG, 2010).



Figura 12 - Conjunto formador para produção de balas duras.
 Fonte: Adaptado de Chocotec (2009) citado por Spanemberg, (2010).

A trefila, através de diversos conjuntos de discos perfilados girando em alta velocidade; (Figura 13), define o acabamento final ao cordão de massa inicialmente formado na bastonadeira, adaptando assim o cordão para posterior estampagem. (SPANEMBERG, 2010).

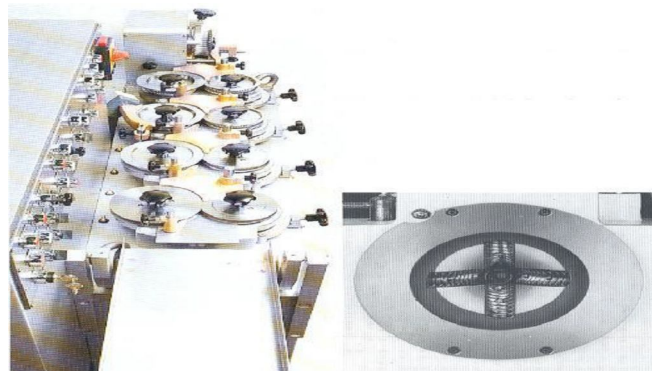


Figura 13 – Trefila.
 Fonte: Adaptado de Bosch (2009) citado por Spanemberg, (2010).

Na etapa de estampagem, os movimentos rotativos de facas móveis contra uma matriz dentada cortam o cordão de massa e moldam o produto. As balas estampadas são resfriadas em túnel com circulação de ar frio e destinadas a etapa de embalagem.

Resfriamento e embalagem:

Finalmente as balas estampadas são resfriadas num túnel com circulação de ar frio e encaminhadas para a etapa de embalagem.

3.2 PROCESSAMENTO DE BALAS MASTIGÁVEIS

A produção de balas mastigáveis é constituída pelas seguintes etapas, como mostra a Figura 14:

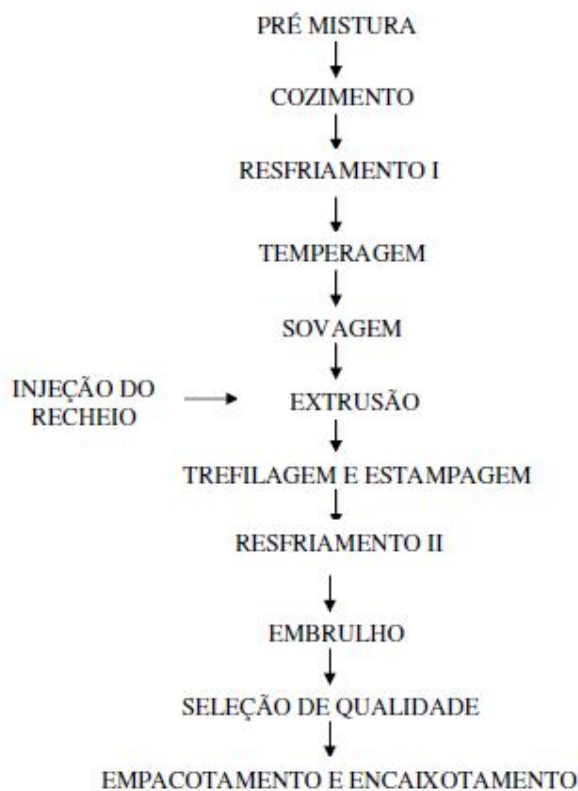


Figura 14 - Fluxograma de balas mastigáveis.
Fonte: Oliveira, (2006).

De acordo com o fluxograma de balas mastigáveis (Figura 14), as etapas envolvidas no processo são:

Pré-mistura:

Inicialmente uma balança dosadora pesa todos os ingredientes, que são pré-determinados de acordo com a fórmulação. Os ingredientes são misturados sob uma temperatura próxima de 50°C até completar o processo de dissolução. A calda é retida num reservatório sob agitação, a qual será bombeada para o sistema de cozimento. (OLIVEIRA, 2006).

Cozimento:

A etapa de maior importância na produção de balas é o cozimento da massa, pois em tal etapa são definidas as características de textura, maciez e vida de prateleira do produto final. (OLIVEIRA, 2006).

O xarope pré-aquecido e homogeneizado é bombeado por meio de uma serpentina de aço inoxidável cuja extensão varia de 50 a 70 metros de comprimento, que se localiza numa câmara de vapor saturado para ser cozido. Após passar pela serpentina, a massa cozida adentra numa câmara de expansão onde o vapor é eliminado e posteriormente adentra numa câmara á vácuo onde as bolhas de vapor são removidas, reduzindo a umidade residual do produto e ocasionando o resfriamento da massa. Este equipamento é visualizado na Figura 15. O cozedor é constituído por controles de temperatura, um sistema de hidrovácuo, controlador de vazão da bomba e temporizador para cada tipo de batelada, tal operação em conjunto será decisivo na umidade residual do produto final. (OLIVEIRA, 2006).

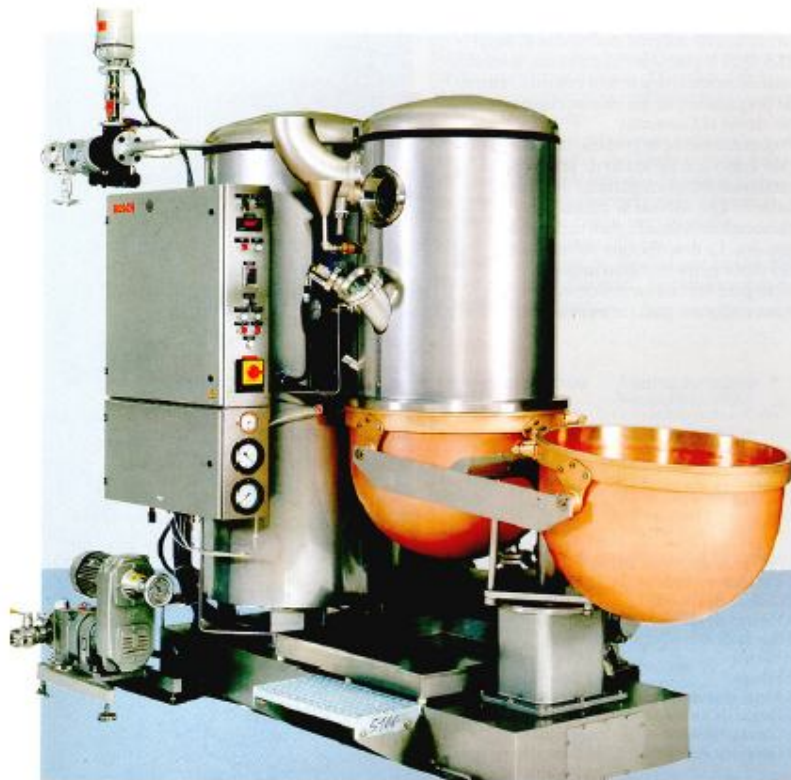


Figura 15 - Cozedor de balas.
Fonte: Oliveira, (2006).

Resfriamento:

É realizado em mesas de circulação de água. A massa é resfriada conforme a concentração desejada de sólidos solúveis. (OLIVEIRA, 2006).

Temperagem:

Nesta etapa são adicionados os corantes, aromas e ácidos em quantidade pré-determinada. Os aditivos precisam ser homogeneizados à massa antes da etapa de sovagem, onde a massa temperada é depositada em sovadores para ocasionar o estiramento e promover a cristalização. No começo do estiramento uma parte de massa cristalizada é adicionada para acelerar a cristalização e reduzir o período de estiramento. (OLIVEIRA, 2006).

Trefilagem:

É uma etapa fundamental, pois controla o peso final da bala. Tal parâmetro é determinado pela diminuição do diâmetro do bastão formado desde a passagem no primeiro par de discos perfilados, na saída da extrusora, até o último par, que antecede a máquina de estampar. O número de pares de discos perfilados altera de acordo com a velocidade da máquina de estampar e do peso da bala requerido. Quanto maior o número de pares de discos, maior a velocidade da máquina de estampar e mais preciso é o peso da bala. O equipamento pode ser visto parcialmente na Figura 16. (OLIVEIRA, 2006).



Figura 16 - Vista parcial do equipamento utilizado na trefilagem.
Fonte: Oliveira, (2006).

Estampagem:

A estampagem é feita num equipamento constituído por um arco dentado internamente e cutelos externos móveis. O movimento do arco ocasiona a junção dos cutelos nos dentes do arco cortando o bastão da massa em tamanhos iguais e contínuos. A Figura 17 mostra o esquema de seu funcionamento. (OLIVEIRA, 2006).

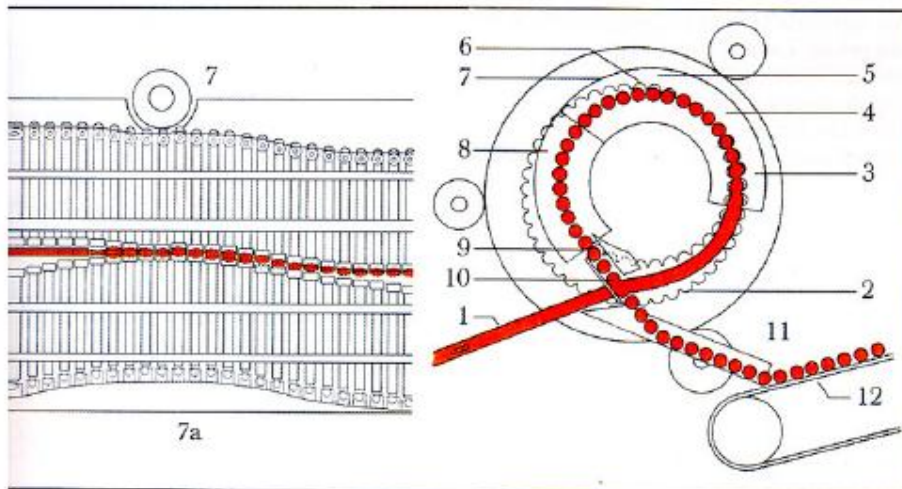


Figura 17 - Esquema de funcionamento do estampo para balas.

Fonte: Oliveira, (2006).

Nota: 1) Entrada do cordão no estampo; 2) Arco; 3) Moldagem do cordão através do fechamento do estampo; 4) O cordão é cortado; 5) Injeção de palitos (na estampagem de pirulitos); 6) Abertura do estampo; 7) Cilindro que empurra os cutelos; 8) Suporte do arco; 9) Dispositivo que solta a bala do estampo (extrator); 10) Transferência do produto para a esteira; 11) Canaleta de transporte 12) Esteira de transporte.

Resfriamento e embrulho:

Posterior a etapa da trefilagem, as balas adentram num túnel com temperatura e umidade programada onde serão resfriadas até uma temperatura próxima de 35°C para serem destinadas as embrulhadeiras, onde o produto é envolto numa embalagem de polipropileno torção com forro de polipropileno biorientado. (OLIVEIRA, 2006).

Na seguinte etapa ocorre o controle de qualidade feito numa esteira, todo o produto final é conferido, confirmando ou não a especificação dos padrões da embalagem. (OLIVEIRA, 2006).

Empacotamento:

Ocorre a pesagem do produto final e empacotamento, conforme a programação realizada. No caso de produtos diversos, a seleção deve ser feita na caçamba de abastecimento. Após tal etapa, os pacotes prontos são colocados em caixas de papelão ondulado e prontos para serem vendidos. (OLIVEIRA, 2006).

4 PARÂMETROS DE QUALIDADE NO PROCESSAMENTO DE BALAS DURAS E MASTIGÁVEIS

Diversos parâmetros estão relacionados às mudanças físicas que ocorrem nas balas, tais como: o teor de sólidos solúveis (°Brix), o pH da calda, a umidade residual e a acidez da massa; estes podem ser percebidos nas fases iniciais e são controlados por análises laboratoriais. O processo de produção de balas quando efetuado com qualidade, isenta a existência de produtos fora das conformidades, sendo que, o controle de tais parâmetros pode evitar a cristalização e a mela da bala. (SPANEMBERG. 2010).

As análises laboratoriais são descritas abaixo:

Umidade residual

É definida como a quantidade de água existente na massa posteriormente à cocção e utilização de vácuo. (MOTHÉ, 2001 citado por SPANEMBERG, 2010). A quantidade de água existente no produto age diretamente a estabilidade da bala. Baixas umidades resultam num produto frágil e dificultam o processo de formação. Altas umidades podem ocasionar em alterações como a mela e cristalização da bala.

Luccas (1999) citado por Spanemberg (2010), afirma que o teor de umidade residual em balas duras varia de 2 a 3% e têm dois métodos para tal análise: estufa a vácuo e Karl Fischer, geralmente o método Karl Fischer é o mais empregado, devido à rapidez e precisão na determinação. (SPANEMBERG, 2010). A utilização de tal método também se deve a pequena quantidade de água existente na amostra. (BRASIL, 2005a)

Acidez da massa

Os ácidos orgânicos são adicionados na produção de balas duras para destacar o sabor. Baixa acidez ocasiona produtos com sabor alterado e alta acidez apressa o processo de hidrólise da sacarose, desenvolvendo açúcares de baixo peso molecular tais como glicose e frutose. Assim, a bala têm maior tendência em

absorver água do meio, diminuindo dessa maneira sua vida útil. (SPANEMBERG, 2010).

pH da calda

Tal parâmetro é similar à acidez. A calda têm maior quantidade de água, logo a informação obtida por pHmetro é mais ágil. O meio ácido resulta maior inversão da sacarose durante a cocção. Os açúcares redutores por serem impuros, funcionam como uma barreira á cristalização. (SPANEMBERG. 2010).

Sólidos solúveis da calda (°Brix)

É a concentração de sólidos num líquido específico medido por °Brix, ou seja, mede o teor de sacarose na solução, geralmente é quantificado através de um refratômetro. Tal método é amplamente utilizado em usinas de açúcar. Para garantir a qualidade das balas são analisados os açúcares dissolvidos na calda pela determinação do °Brix (teor de sólidos solúveis) e pelo teor de água. O °Brix dentro dos parâmetros, mantém a dissolução dos açúcares que estão na calda. O°Brix abaixo do desejado resulta num tempo prolongado de cozimento ou alta umidade no produto. (SPANEMBERG, 2010).

Temperatura de transição vítrea em balas duras

A transição vítrea (T_g) normalmente é denominada como a temperatura na qual o alimento sofre alteração do estado vítreo, com alta viscosidade, para o estado borrachoso, que apresenta menor viscosidade, ou ao contrário, diversos produtos alimentícios apresentam tal característica. A T_g acontece numa região de temperatura que é situada desde a T_g inicial (T_g^0) até a T_g final (T_g^e), ainda que normalmente seja citada somente uma temperatura relacionada ao ponto médio. (MARIA NETTO, 1999, citado por SPANEMBERG, 2010).

A técnica mais utilizada para a determinação da transição vítrea (T_g) é a calorimetria diferencial de varredura (DSC) que detecta a alteração do calor específico. (ROOS et al., 1996, citado por SPANEMBERG, 2010).

A transição vítrea (T_g) é extremamente importante em produtos alimentícios pois compromete as propriedades mecânicas e estruturais influenciando diretamente na qualidade e estabilidade dos produtos. Alimentos com baixa umidade e temperatura vítrea (T_g) além da temperatura ideal de estocagem são considerados estáveis. Aderência, aglomeração e colapso estrutural são alterações das propriedades físicas relacionadas à redução da viscosidade. (MARIA NETTO, 1999 citado por SPANEMBERG, 2010).

A diminuição da transição vítrea (T_g) é conseqüência do aumento do volume livre devido à existência do diluente. A água é o plasticizante comumente encontrado em alimentos, e apresenta menor peso molecular e menor T_g . Em balas duras, um aumento de 1% no teor de água corresponde a uma diminuição próxima de 7° a 8°C na T_g (HARTEL et al., 2008, citado por SPANEMBERG, 2010).

A Figura 18 mostra a faixa de temperatura de transição vítrea para uma solução de 80% de sacarose em peso.

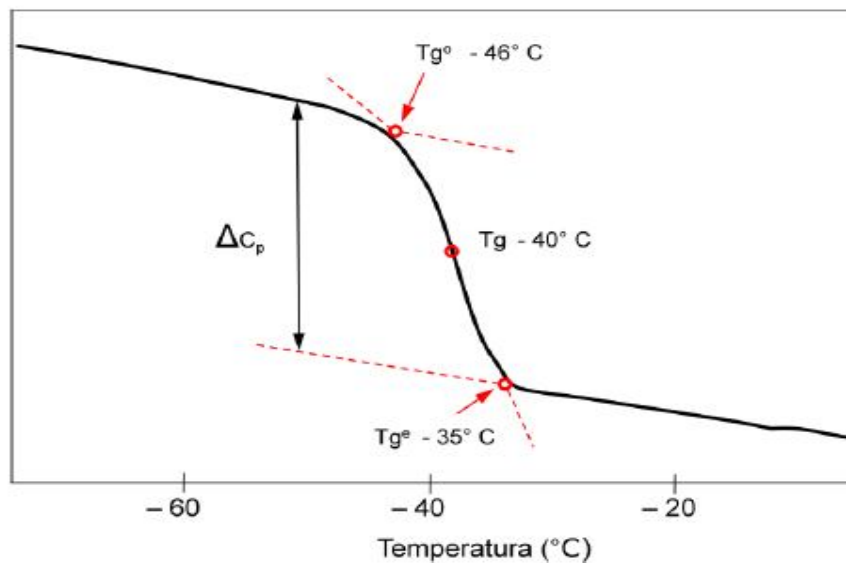


Figura 18 - Faixa de temperatura de transição vítrea para uma solução de 80% de sacarose em peso.

Fonte: Adaptado de Roos (1995^a), citado por Spanemberg (2010).

A transição vítrea T_g diminui com o peso molecular. Embora exista uma relação entre a massa molecular de diversos carboidratos e a T_g , tal propriedade pode variar no caso de isômeros. (SLADE, et al., 1993, citado por SPANEMBERG, 2010). Assim glicose e frutose, que são isômeros, têm valores de transição vítrea T_g

bem diferentes. (COLLARES; KIECKBUSCH, 2002 citado por SPANEMBERG, 2010).

A tabela 3 mostra a variação da Tg em função do peso molecular dos açúcares.

Tabela 3 - Valores da temperatura de transição vítrea (Tg) e pesos moleculares de alguns carboidratos puros

Carboidrato	Peso Molecular	Tg (°C)
Sacarose	342,3	52 a 70
Glicose	180,2	31 a 39

Fonte: Adaptado de Fennema,(1996), citado por Spanemberg, (2010).

O aumento da temperatura da bala dura além da Tg ou a Tg menor que a temperatura do meio (devido à absorção de umidade, por exemplo) incide na perda do estado vítreo específico e também aumenta a mobilidade molecular ocasionando alterações consideráveis tais como: pegajosidade, cristalização e alteração do sabor. (HARTEL et al., 2008, citado por SPANEMBERG, 2010).

A absorção de água em açúcares vítreos ocasiona diminuição da transição vítrea Tg, ainda que esta ocorrência dependa da composição de açúcares. (NOWAKOSWSKI; HARTEL, 2002, citado por SPANEMBERG, 2010).

A cristalização de açúcares amorfos é um fato comum evidenciado na produção e estocagem de alimentos, entretanto não acontece no estado vítreo por causa da reduzida mobilidade molecular. A cristalização de açúcares amorfos é ocasionada devido ao aumento do meio acima da Tg ou á diminuição da Tg ocasionada pela plasticização da água, pois ambos ocasionam aumento da mobilidade molecular. (ROOS, 1995^{a,b} citado por SPANEMBERG, 2010). A Figura 19 mostra os parâmetros de processo na fabricação de balas duras:

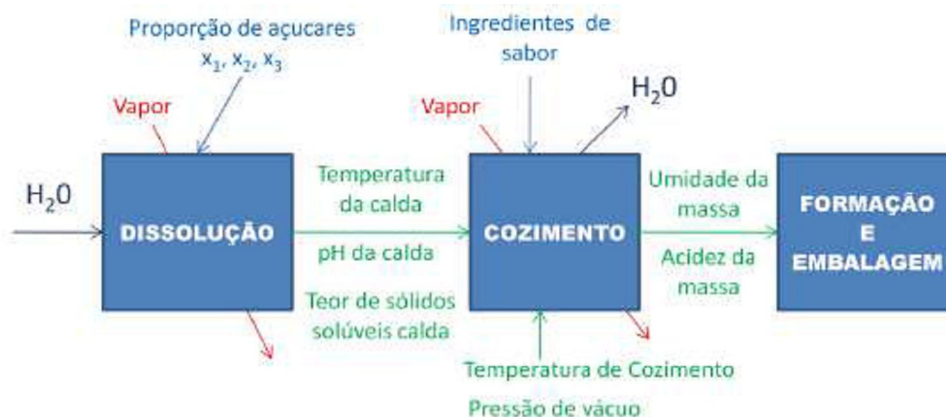


Figura 19 - Parâmetros de processo na fabricação de balas duras.
Fonte: Spanemberg, (2010).

Quando ocorre a hidrólise da sacarose, o resultado é uma combinação equimolecular de glicose e frutose. Tal fenômeno facilita a absorção de água do ambiente, logo que a frutose é muito higroscópica, originando assim os principais problemas que comprometem a qualidade da bala. (FADINI; QUEIROZ citado por KHALIL, 2004, citado por FERREIRA, 2008).

Pela caracterização do estado vítreo, os açúcares presentes são muito higroscópicos e apresentam tendência a absorver água do ambiente. Um problema casual desse tipo de bala é redução da vida útil, causada pelo derretimento da camada externa de açúcares que é conhecido como mela, como mostra a Figura 19. (SPANEMBERG, 2010).



Figura 20 - Mela.
Fonte: Spanemberg, (2010).

Ainda ocorre a cristalização, devido à baixa viscosidade, o que faz com que a bala absorva a umidade do ambiente e cristalize, ocasionando a movimentação de microcristais de sacarose que se agruparão, resultando em cristais maiores e notáveis, que são alterações indesejáveis no aspecto dos produtos, que passam do

estado vítreo (translúcidos) a cristalizado (opacos). (FADINI; QUEIROZ citado por KHALIL, 2004, citado por FERREIRA, 2008).

A cristalização da bala pode ser controlada com o uso do xarope de glicose, que inibe ou adia a migração dos cristais de sacarose, prevenindo a formação de cristais grandes e o surgimento da camada opaca na superfície. (ALMEIDA citado por KHALIL, 2004 citado por FERREIRA, 2008).

Os parâmetros que envolvem a formulação de açúcares determinantes na qualidade de balas mastigáveis é o valor do °Brix, que deve ficar em torno de 90-93% (CALGAROTO et al., 2006), também a adição de gorduras que definirá a maciez e o estiramento mecânico realizado corretamente, aliado ao controle de açúcares redutores e acidez que são controlados por meio de análises laboratoriais.(OLIVEIRA, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que as características e propriedades físico-químicas da sacarose, assim como os parâmetros de processamento afetam diretamente as etapas de fabricação de balas duras e mastigáveis.

A principal diferença entre balas duras e mastigáveis está no valor do °Brix e na umidade residual.

Os açúcares e os parâmetros de processamento afetam o sabor, a vida útil, a estabilidade e a textura de balas duras e mastigáveis.

O processo de produção de balas quando efetuado com qualidade, isenta a existência de produtos fora das conformidades, evitando assim custos adicionais.

REFERÊNCIAS

AÇÚCAR líquido invertido INVEX. **AÇÚCAR GUARANI**, [200?]. Disponível em: <<http://acucarguarani.com.br/hp/produtos/invex.php>>. Acesso em: 08 out. 2012.

AÇÚCARES e xaropes em biscoitos e bolachas. **Revista Aditivos e ingredientes**, São Paulo, n. 55, p. 46-64, mar-abr, 2008. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/83.pdf>. Acesso em: 08 out.2012.

A EVOLUÇÃO do açúcar. **Revista Aditivos e ingredientes**. São Paulo, n. 82, p.30-40, set, 2011. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/321.pdf>. Acesso em: 08 out. 2012.

BENDER, D. A et al. Carboidratos de importância fisiológica. In: MURRAY,R., K.; GRANNER, D., K.; RODWELL, V., W. **Harper: Bioquímica ilustrada**. 27. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2007.

BIANCHINI, V.K.; ASSUMPÇÃO, M.R. A diferenciação de produtos na cadeia produtiva do açúcar: o processo de produção dos açúcares líquido e líquido invertido. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2002_TR11_0983.pdf>. Acesso em: 08 out. 2012.

BOBBIO, F; BOBBIO, P. **Introdução á química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995.

BOSCOLO, M. Sucroquímica: Síntese e Potencialidades de Aplicações de Alguns Derivados Químicos de Sacarose. **Química Nova**. São Paulo, v.26, n. 6, p.906-912, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000600021>. Acesso em: 08 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 265, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para balas, bombons e gomas de mascar, **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 23 set. 2005b. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6558d200474586478f66df3fbc4c6735/RDC_265_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 08 out. 2012.

CALGAROTO, et al. Elaboração e análise sensorial de balas duras com diferentes formulações. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2006. **Anais eletrônicos...** Pelotas, 2006. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/indice_CA.html> Acesso em: 08 out. 2012.

CAMPBELL, M.K; FARREL,S. O. Carboidratos. In: _____. **Bioquímica: combo.** São Paulo: Cengage Learning, 2007. v.1.

FADINI et al. Influência de diferentes ingredientes na textura de balas moles produzidas com e sem goma gelana. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.21, n. 1, p.133-140, jan./jun. 2003. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/index>> Acesso em: 08 out. 2012.

FERREIRA, P. B. **Balas e caramelos**. 2008. 30f. Trabalho de aproveitamento de disciplina (Graduação em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,RS, 2008. Disponível em: <<http://quimicadealimentos.wordpress.com/seminarios-20081/>>. Acesso em: 24 set. 2012.

FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R. ; SILVA, F. C. Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. **Química Nova**, Vol. 32, n. 3, p. 623-638, 2009. Disponível em: corrigir<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000600021> Acesso em: 08 out. 2012.

FRANSCISCO JUNIOR, E.W. Carboidratos: Estrutura, Propriedades e Funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, p 8-13, ago. 2008. Disponível em:<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2012.

GARCIA, R. K. A et al. Elaboração de bala dura a partir da calda de morango cristalizado: Análise sensorial. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2007. Pelotas, **Anais eletrônicos...** Pelotas, 2007. Disponível em:<http://www.ufpel.edu.br/cic/2007/cd/pdf/CA/CA_00843.pdf>. Acesso em: 08 out. 2012.

GONÇALVES, A. A; ROHR, M. Desenvolvimento de balas mastigáveis adicionadas de inulina. **Revista de Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p.471-478, 2009. Disponível em:<<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1150/845>>. Acesso em: 08 out. 2012.

GOULART, A. J.; ADALBERTO, P.R.; MONTI, R. Purificação parcial de invertase a partir de *Rhizopus sp* em fermentação semi-sólida.**Revista de Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n.2, p. 199-203, 2003. Disponível em:< <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/859/738> > Acesso em: 08 out. 2012.

GRATÃO, A.C.A.; BERTO, M.I.; SILVEIRA JUNIOR, V.S. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n. 4, p.652-656, out-dez. 2004-Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n4/a29v24n4.pdf>>. Acesso em: 08 out 2012

MARCELINO, J. S. ; MARCELINO, S. M. **Dossiê técnico**: doces industrializados, balas, gomas e pirulitos. [S.]: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Instituto de Tecnologia do Paraná, jul, 2012. Disponível em:< <http://sbdt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NjExNw==> >. Acesso em: 08 out. 2012.

NELSON, D.; COX, M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

OLIVEIRA, G. A. O. **Modelagem e análise de um processo de cozimento de balas mastigáveis**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Ciências agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Urugai e das Missões, Erechim. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/eal_hp/DissertPDF/Turma2005/DissertGabrielaDeOliveira.pdf>. Acesso em: 08 out. 2012.

ORDÓNEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. São Paulo: Artmed, 2005. v.1.

RODRIGUES, M.V.N.; RODRIGUES, R.A.F., SERRA, G. Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 103-109, 2000. Abril 2000, vol.20 n. 1. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422003000600021>. Acesso em: 08 out. 2012.

SOUZA, K. A. F. D.; NEVES, V. A. **Experimentos de bioquímica**: pesquisa de açúcares redutores: prova de Benedict. UNESP: Câmpus de Araraquara - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, [2012]. Disponível em: <http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_ch/benedict.htm>. Acesso em: 14 dez. 2012.

SPANEMBERG, F. E. M. **Planejamento de Experimentos com Mistura no Estudo da Vida Útil de Balas Duras**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'oeste, 2010. Disponível em: <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/15032011_103652_flavio_spanemberg.pdf> Acesso em: 08 out. 2012.