

Universidade Federal de Minas Gerais
FaE / CECIMIG
ENCI – ensino de Ciências por investigação
Monografia de Especialização

Os alimentos e o ensino de química.

Aluna: ALINA LACERDA DE SOUZA CAMPOS

Orientadora: Maria Eliza M. Dai de Carvalho

BELO HORIZONTE

Dezembro / 2007

Universidade Federal de Minas Gerais
FaE / CECIMIG
ENCI – ensino de Ciências por investigação
Monografia de Especialização

Os alimentos e o ensino de química.

ALINA LACERDA DE SOUZA CAMPOS

Monografia de especialização apresentada no CECIMIG/FaE -Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção de título de Especialista no Ensino de Ciências por Investigação, realizada sob orientação da Prof^a. Dr^a. Maria Eliza M. Dai de Carvalho (DQ/ICEx/UFMG).

BELO HORIZONTE

Dezembro / 2007

Monografia de Especialista

Os alimentos e o ensino de Química

Autora: Alina Lacerda de Souza Campos

Orientadora: Maria Eliza M. Dai de Carvalho

Data da apresentação: 13/12/07

Orientadora

Profª. Maria Eliza M. Dai de Carvalho

DQ/ICEx/UFMG

Professora / Leitora Crítica

Kátia Pedroso Silveira

CECIMIG/FaE/UFMG

SUMÁRIO

1	Os alimentos e o ensino de Química.....	01
2	A contextualização no ensino de Química.....	03
3	Ciências por Investigação.....	07
4.	O açúcar, a doçura e o caramelo.....	09
4.1	A fisiologia do sabor	10
4.2	Um modelo químico para a doçura	14
	Atividade 1 – Identificando a doçura de alguns compostos.....	16
4.3	O açúcar e outros açúcares.....	19
	Atividade 2 – Identificação de açúcares.....	25
4.4	Caramelização	29
	Atividade 3 – Caramelização.....	29
4.5	A reação de Maillard.....	34
5	O amido: da insipidez aos muitos sabores	38
	Atividade 4 – Reconhecendo e evidenciando diferenças estruturais entre amidos.....	38
5.1	Estrutura do amido.....	41
5.2	A farinha de trigo: o amido e a proteína.....	44
5.3	Sabores do pão.....	45
	Atividade 5 – Pão.....	45
6	Considerações Finais.....	49
7	Anexos	50
7.1	Doçura.....	50
7.2	O modelo da doçura.....	54
7.3	Uma História para o pão.....	56
7.4	Plástico biodegradável de amido.....	59

RESUMO

Para os químicos dos séculos XVIII e XIX, a compreensão da natureza química do nosso alimento era um propósito fundamental. Eles acreditavam que esse conhecimento seria essencial para o incremento de padrões nutricionais, elevando assim os níveis de saúde e de prosperidade. Inevitavelmente, os componentes alimentares presentes em maior quantidade – os carboidratos, as gorduras, as proteínas – foram os primeiros a serem descritos.

A descrição química/bioquímica dos alimentos pode ser um instrumento para o ensino de Química; o processamento dos alimentos permite evidenciar reações químicas e representá-las pelas respectivas equações; os aspectos culturais e o simbolismo associados aos alimentos podem contribuir para conscientizar os estudantes sobre o valor de uma alimentação equilibrada.

Para este trabalho, o alimento escolhido como contexto pertence à classe dos carboidratos, componente majoritário de nossa dieta. Açúcares e amido recebem uma abordagem teórica seguida de atividades investigativas (práticas e teóricas) que projetam a teoria no cotidiano. Sabor e odor são tratados de maneira simplificada, tanto do ponto de vista químico como fisiológico mas, num nível suficiente para evidenciar a importância das sensações para a escolha dos alimentos. São também apresentadas algumas sugestões de conteúdos que podem ser explorados em sala de aula tendo os carboidratos como contexto.

Uma abordagem contextual para ensinar Química promove uma aprendizagem mais efetiva, uma vez que torna possível observar os conhecimentos que os alunos já trazem consigo e a forma como organizam suas idéias.

1- Os alimentos e o ensino de Química

Iniciativas oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a literatura dos especialistas em Educação em Química, são referências para os professores da área. A partir de diretrizes e orientações, o ensino deveria ter um enfoque contextualizado de modo a aproximar da realidade dos alunos os fundamentos teóricos das Ciências.

Os PCNs recomendam que todas as áreas do Ensino Médio devem abranger três domínios:

- 1- Representação e comunicação – interpretação de códigos, conhecimento da nomenclatura e das representações;
- 2- Investigação e compreensão – uso de idéias, conceitos e modelos associados às ciências;
- 3- Contextualização sócio-cultural – inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, com repercussões econômicas, políticas e sociais.

Dentre os temas sugeridos, os alimentos, se destacam como um bom contexto para ensinar Química.

O estudo das estruturas e seus grupos funcionais, as ligações e as interações químicas contemplam o primeiro domínio – de Representação e Comunicação. As atividades investigativas (que podem ser apresentadas como práticas ou teóricas), atendem ao segundo domínio – o da Investigação e compreensão. O tema, os alimentos – amido e açúcar, atendem ao terceiro – que trata da contextualização sócio-cultural.

A sobrevivência de qualquer espécie viva depende da reprodução e da alimentação sendo que, sem alimentos adequados e suficientes, a reprodução fica comprometida. Assim, os alimentos são um tema atraente, seja pela imperiosa necessidade para a vida, seja pelo modismo das dietas e dos costumes ou por sua natureza química.

A primeira tarefa do professor é mostrar que alimento é Química: é constituído por moléculas que interagem quimicamente para definirem sua textura característica em cada estágio de sua maturação. As interações químicas (ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas, interações íon-dipolo

etc) entre as moléculas presentes nos alimentos e os receptores localizados nas papilas gustativas e nas narinas são responsáveis pelas sensações do gosto e do cheiro. Moléculas que dão identidade aos alimentos são produtos de reações químicas/bioquímicas complexas, algumas das quais bem conhecidas e outras, apenas delineadas, por enquanto.

Conhecer algumas dessas reações é acrescentar outro sabor aos alimentos – o conhecimento.

As palavras sabor e saber têm a mesma origem: *sapere* do latim. Isso significa que tanto o alimento como o conhecimento deve ser fonte de prazer. Para nutrólogos e nutricionistas, o alimento deve cumprir quatro finalidades: a) fornecer energia para os processos químicos e físicos vitais; b) fornecer material para construção; c) fornecer material para reparação; d) dar prazer. Todas essas finalidades têm descrição e explicação química.

Neste trabalho, são apresentados alguns exemplos de reações que ocorrem nos alimentos e que podem servir de contexto para o ensino de química.

É preciso ressaltar ainda que essa maneira de ensinar/aprender Química atende aos PCNs uma vez que pode contribuir para a compreensão das transformações químicas que acontecem no mundo físico de uma forma mais abrangente, integrada e investigativa. Dessa forma, os estudantes deverão ser capazes de construir argumentos que lhes permitam fazer julgamentos com fundamentos a partir das informações que advêm da tradição cultural, mídia e da própria escola podendo assim, tomar decisões autonomamente enquanto indivíduos e cidadãos.

O mais importante, no entanto, é preocupar com o fato de que o aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão dos processos químicos e, também, da construção do conhecimento científico em relação às aplicações tecnológicas, ambientais, sociais, políticas e econômicas.

“Aprender Química é também aprender sobre a natureza dessa ciência, seus processos de investigação e seus métodos. Nesse sentido, é importante que nós, professores, chamemos a atenção para os aspectos relacionados à natureza da ciência, destacando as formas como o conhecimento é produzido, as estratégias de verificação de hipóteses, as incertezas associadas às

medidas, à forma como são determinadas as propriedades específicas de substâncias e materiais.” (Química para o ensino médio, Ed. Scipione).

2 - Contextualização no Ensino de Química

O Ensino Médio no Brasil tem revelado, há décadas, grave inadequação, demandando uma revisão profunda em sua concepção, capaz de torná-lo uma etapa escolar melhor estabelecida. A partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996, estabeleceu-se, corretamente, o Ensino Médio como fase de conclusão da educação básica como educação para a cidadania, que não se deve restringir a uma função estritamente propedêutica (que serve de introdução, que prepara para receber o ensino mais completo) para o ensino superior nem a um simples treinamento profissional mas deve sim, estabelecer relações que auxiliem na construção de conceitos e atitudes que ajudem a formar o adolescente protagonista como um agente de mudança.

A Química não deve ser apontada como a grande vilã do final do século XX, face aos efeitos poluentes que certas substâncias causam no ar, na água e no solo. Entretanto, deve-se reforçar o seu papel no controle das fontes poluidoras, através da melhoria dos processos industriais, tornando mais eficaz o tratamento de efluentes.

O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar, com fundamentos, as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões, autonomamente, como indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão, tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Em um primeiro momento, deve-se utilizar a vivência dos alunos e os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar buscando reconstruir os conhecimentos químicos que permitiriam refazer essas leituras de mundo mas, com fundamentação também na ciência. Buscam-se, enfim,

mudanças conceituais. É necessário desenvolver então as “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento.

É importante apresentar ao aluno fatos concretos, observáveis e mensuráveis, uma vez que os conceitos que o aluno traz para a sala de aula advêm,

Principalmente, de sua leitura do mundo macroscópico.

O objetivo é que a aprendizagem seja ativa e significativa e, para isso, as abordagens dos temas devem ser feitas por meio de atividades elaboradas para provocar a especulação, a construção e a reconstrução de idéias. Dessa forma, as informações obtidas em demonstrações, em visitas, em relatos de experimentos e em laboratório devem permitir, através de trabalho em grupo, discussões coletivas em que se construam conceitos e se desenvolvam competências e habilidades. Por exemplo, a análise de um rótulo de algum gênero alimentício pode servir de ponto de partida para a compreensão das relações quantitativas nas transformações químicas e, por conseguinte, nos processos produtivos.

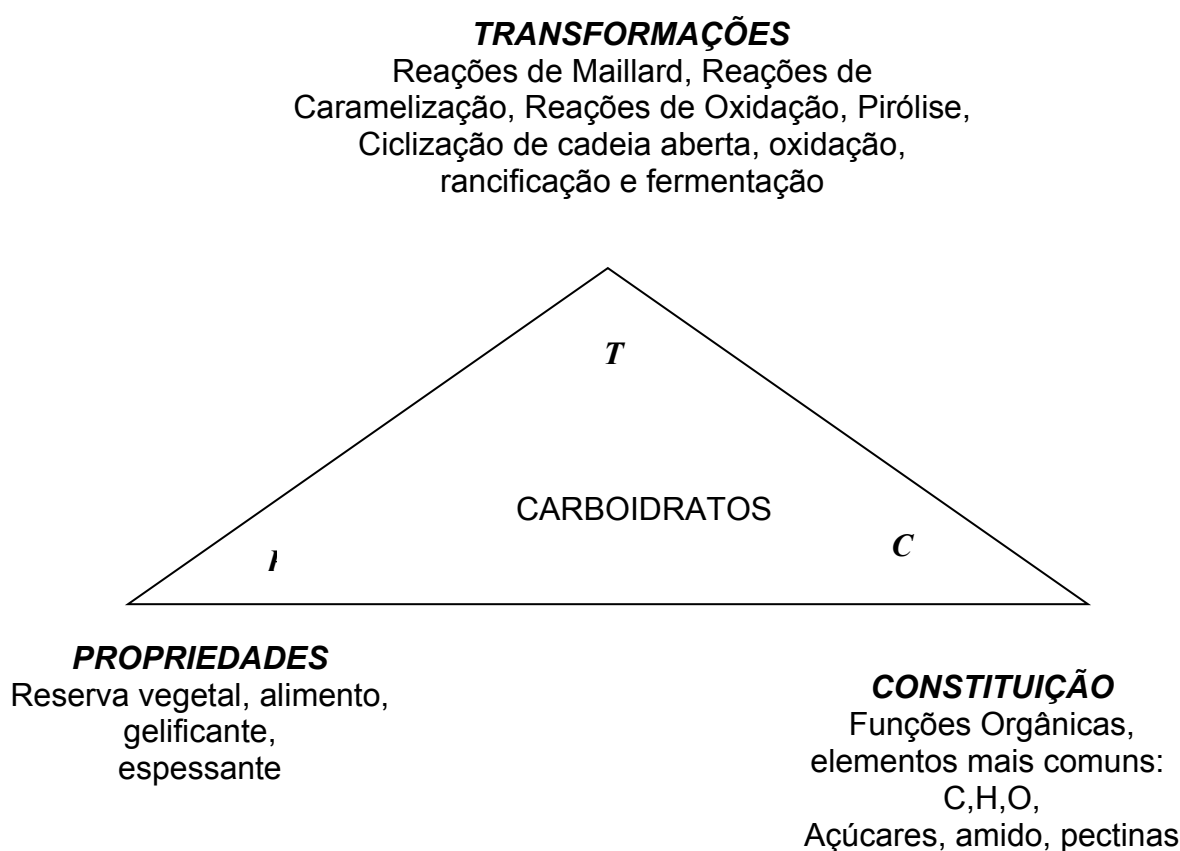
Mas é preciso cautela, zelo e preparação visto que, no Ensino Médio, a experimentação tem caráter puramente pedagógico, nada parecido com a experiência conduzida por cientistas. As atividades de laboratório, por si só, não resolvem o problema do ensino-aprendizagem da Química. É preciso focar na formação de conceitos e, para isso, não se pode desvincular “teoria” e “laboratório”. As atividades práticas devem, então, ser desenvolvidas tendo bem definidos os períodos pré e pós-atividade que favorecem esse processo. Há uma variedade de atividades experimentais que podem, por exemplo, ser realizadas em sala de aula seja por demonstração, visitas (trabalhos de campo), simulações de computador ou de várias outras formas.

A Química estrutura-se como um conhecimento que se estabelece mediante relações complexas e dinâmicas que podem ser representadas por um tripé bastante específico, definido sob três eixos constitutivos fundamentais: as **transformações** químicas, os **materiais** e suas propriedades e os **modelos** explicativos. Assim, é necessário que haja uma organização de conteúdos/conhecimento químico estruturado a partir destes eixos que estejam

dinamicamente relacionados entre si e que envolvam situações reais diversificadas.

Sob esse prisma pode-se definir, com clareza, os focos de interesse da Química facilitando o processo ensino-aprendizagem por apresentar caráter investigativo que promova a construção do conhecimento.

Tendo essas orientações como base, este trabalho pretende mostrar que os alimentos são um bom contexto para ensinar Química; por exemplo, os carboidratos, um material orgânico, preenchem muito bem os triângulos que interrelacionam constituição – propriedades – transformações:



Esses enfoques contribuem para que a educação forme o cidadão responsável, agente de mudança e preparado para julgar e saber escolher.

Neste contexto, os conhecimentos podem ser organizados de acordo com a proposta pedagógica de cada instituição de ensino respeitando, no entanto, os que constituem o núcleo básico comum. É bom reforçar que é possível compor os conteúdos integrantes do componente curricular de

Química quando se associam os conceitos químicos às linguagens e aos modelos teóricos próprios.

Alguns conhecimentos químicos e habilidades que devem ser desenvolvidos, são valores da base comum, a saber: caracterizar substâncias químicas a partir de suas propriedades físicas; reconhecer que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionada às suas propriedades; identificar as transformações químicas por meio das propriedades físicas; reconhecer e compreender propriedades químicas como, dentre outras, polaridade, acidez, neutralidade e alcalinidade; aplicar idéias sobre arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação de cadeias, ligações, funções orgânicas e isomeria; identificar as estruturas químicas dos hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, carboidratos, lipídeos e proteínas; traduzir a linguagem simbólica da Química compreendendo seu significado em termos microscópicos; compreender a transformação química como resultante de quebra e formação da ligação química.

Nos dias de hoje, vem aumentando a preocupação de pequenos grupos, ONG's, governos e, de maneira geral, de parte da sociedade com o meio ambiente . Para tanto, o papel da escola é fundamental para relacionar os conhecimentos e as habilidades à compreensão das formas pelas quais a Química influencia a interpretação do mundo atual e para reconhecer a Ciência como uma atividade aberta que está em contínua construção, a qual não é apenas justificada por critérios racionais e cognitivos, pois esses critérios são também construídos socialmente.

Além da importância do conhecimento químico na cultura humana contemporânea em diversos âmbitos e setores é preciso compreender e avaliar a ciência e a tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito.

Assim, considera-se uma concepção ampla da formação escolar, em que o conhecimento químico está associado a habilidades, competências e valores. Tal conhecimento transcende a visão de capacidades aliadas a uma ação motora, associa-se a um “saber ser” que se articula com posturas e atitudes coletivas e éticas, ajuda nos julgamentos quanto à pertinência de práticas/ações, desperta para a convivência participativa e solidária, e para a

iniciativa e a criatividade. Pode-se dizer que alguém tem competência quando constrói, articula e mobiliza valores, conhecimentos e habilidades diante de situações e problemas quaisquer e age eficazmente, com criatividade e atuação transformadoras.

Dessa forma, este trabalho pode auxiliar o professor nesta mudança de paradigma, pois atende aos PCNs podendo, portanto, ser uma boa sugestão de atividade com aspectos investigativos.

3- Ciências por investigação

Aprender deveria ser sempre uma atividade prazerosa, uma vez que envolve não somente a razão mas também as emoções. O motivo para a natureza dotar os seres humanos de uma infância longa é o de garantir o uso intenso da imaginação e o acúmulo de experiências sobre as diversas situações que vivemos.

“As atividades científicas tornam-se interessantes e instigadoras quando são capazes de exercitar nossa curiosidade. Por meio da imaginação, podemos investigar e aprender o desconhecido buscando uma explicação para os enigmas. A curiosidade serve de fio condutor para as atividades, que de outra forma passam a ser burocráticas e exercidas com o propósito de cumprir obrigações.”

(CARVALHO, Ed. Thomson, 2004.)

Existem trabalhos de pesquisa em ensino que mostram que uma das maneiras dos estudantes aprenderem é participando de atividades que tenham caráter investigativo, uma vez que, quando propostas aos alunos, essas atividades despertam o interesse, propiciam novas experiências ao executar e permitem o trabalho em equipe e podem ser resolvidas na forma de práticas de

laboratório mas também, podem ser executadas na forma de problemas com lápis e papel.

Essas características do trabalho investigativo mostram-se assim muito importantes uma vez que, dessa forma, a prática pedagógica terá como eixo norteador os quatro pilares da educação do século XXI, permitindo desenvolver as quatro aprendizagens fundamentais como aprender a **conhecer**, a **fazer**, a **conviver** e a **ser** colaborando positivamente na formação do cidadão.

Realizar uma atividade investigativa é então, muito importante na relação ensino-aprendizagem, pois nosso objetivo maior é o de conduzir os alunos a pensar, questionar, pesquisar, debater, justificar suas idéias e aplicar esses conhecimentos em situações novas, fazendo uso de conhecimentos teórico-matemáticos.

Para Lewin e Lomáscolo (1998):

Encarar trabalhos como projetos de investigação, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais.

Para que as atividades apresentem esse aspecto investigativo, não podemos limitar o aluno a uma observação ou manipulação apenas, mas sim, levá-lo o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar. Uma boa maneira de se dar esse cunho investigativo às atividades é partir, por exemplo, de questões abertas e com linguagem simples. Dessa forma, o professor passa a agir como um orientador e não como um mero transmissor de conhecimentos.

Um problema ou atividade que tenha como ponto de partida o conhecimento que o aluno adquiriu em contato com o mundo, deve despertar a curiosidade e o interesse estimulando sua participação.

Dessa forma, além do conhecimento de fatos e conceitos, há a aprendizagem não só de conteúdos, mas sim de atitudes, valores e normas que favorecem a aprendizagem de fatos e conceitos.

4- O açúcar, a doçura e o caramelo

Nutricionistas e nutrólogos afirmam que o sabor mais facilmente aceito é o doce, talvez pelo fato de, na Natureza, os alimentos doces como as frutas serem consumíveis e os amargos indiquem que aquele fruto não serve de alimento. O hábito e a necessidade de consumir açúcar impulsionaram a procura de moléculas naturais e/ou artificiais para atender a demanda de grande parte da população impedida de usar os sacarídeos.

Dentre os açúcares naturais, a sacarose da cana-de-açúcar é tomada como referência para definir o poder adoçante relativo dos demais compostos doces.

Como mostra a tabela a seguir, à sacarose é atribuído o valor 1,00 tendo como base de comparação, massas iguais.

Tabela 1: Teor de doçura de açúcares em relação à sacarose; os valores são relativos à quantidade em massa dos açúcares

Açúcares	Doçura Relativa
Sacarose	1,00
Glicose	0,75
Frutose	1,52
Lactose	0,33
Maltose	0,40
Lactose	0,33

Chama a atenção o valor da doçura relativa da frutose (1,52) um açúcar presente no mel e em muitas frutas doces; também chama a atenção o valor relativo da lactose (0,33) o açúcar do leite. De fato, os cristais de lactose que se formam no leite concentrado (doce de leite, por exemplo) são definidos como insípidos pelo nosso paladar acostumado à doçura da sacarose e o mel, rico em frutose, é percebido como mais doce do que a sacarose.

O caramelo, produto da pirólise controlada da sacarose, é composto por inúmeras moléculas, algumas identificadas como responsáveis pelo aroma e outras pela cor marrom/dourado.

Algumas perguntas se impõem: qual é o mecanismo das sensações gustativas? Que bases química e fisiológica explicam a percepção nítida dos diferentes sabores? Que transformações químicas ocorrem na formação do caramelo?

Observe, em linhas gerais a fisiologia do gosto. A seguir, as características químicas dos açúcares e as reações que produzem o caramelo.

Neste trabalho, os alimentos escolhidos para contexto pertencem à classe dos carboidratos: o açúcar da cana-de-açúcar e alguns sacarídeos mais comuns como a glicose, a frutose, a sacarose e o amido que é um polímero da glicose e que tem a função de reserva nos vegetais.

4.1- A fisiologia do sabor (gosto + odor)

Os 5 Sabores perceptíveis

Pode-se, através das papilas gustativas, perceber apenas cinco sabores. A seguir, uma pequena descrição desses sabores e o mecanismo pelo qual o cérebro identifica cada um deles. A base receptora das moléculas e dos íons responsáveis pelo paladar, é a língua. Aí estão as papilas e os botões gustativos; a partir daí, a percepção do sabor (odor+gosto) chega ao cérebro por meio de nervos num processo que envolve despolarização de membrana, enzimas e neurotransmissores.

O ser humano tem capacidade para distinguir apenas cinco sabores: salgado, doce, amargo, azedo e umami. O processo é neuroquímico e depende da ocorrência de ligações e interações químicas.

- **Sabor Salgado:** A referência é o sal, o cloreto de sódio (Na^+Cl^-). O cátion Na^+ entra nas células receptoras via canais de sódio, causando uma despolarização, que se propaga por um determinado nervo do sistema nervoso.
- **Sabor Azedo:** A espécie detectada é o íon H^+ . Os íons H^+ bloqueiam a entrada dos canais de potássio (K^+). Esses canais são responsáveis por manter a célula num nível de hiperpolarização; o bloqueio desses canais causa uma despolarização transmitida pelo nervo.
- **Sabor Doce:** Existem receptores nas papilas gustativas que ligam-se à glicose, sacarose e outros carboidratos. A ligação ao receptor ativa uma enzima, que causa uma inibição dos canais de potássio conduzindo a uma despolarização da célula com conseguinte transmissão nervosa.
- **Sabor Amargo:** Substâncias amargas provocam uma liberação de Ca^{2+} ; esta elevação provoca uma despolarização transmitida por um nervo do sistema nervoso.
- **Sabor Umami:** É o sabor de certos aminoácidos (e.g. glutamato, aspartato,

entre outros). Recentemente, Chaudhari et al. publicaram um artigo no Journal of Neuroscience propondo um mecanismo para a ação do glutamato monossódico no paladar. Esse composto é utilizado como aditivo pela indústria alimentícia para "realçar" o sabor carne dos alimentos. Os autores demonstraram que um receptor específico mede o sabor umami. A ligação a esse receptor ativa uma determinada proteína que eleva a concentração do

Ca²⁺. Além deste, existem receptores, ligados a canais iônicos, que são ativados por substâncias umami.

Receptores Sensoriais

A entrada de informação no sistema nervoso central é dada pelos receptores sensoriais. Existem basicamente cinco tipos diferentes de receptores sensitivos: *mecanorreceptores*: que detectam deformações mecânicas dos receptores ou de células adjacentes; *termorreceptores*: que detectam alterações da temperatura - alguns detectam o frio e outros o calor; detectam a luz na retina, os *nociceptores*: aqueles que detectam lesões nos tecidos tanto físicas quanto químicas, são os receptores responsáveis pela dor e os *quimiorreceptores*: que detectam paladar e olfato, nível de oxigênio no sangue arterial, pressão osmótica dos líquidos corporais, concentração de CO₂, glicose, aminoácidos, entre outros.

Como percebemos aromas e cheiros

Olfato e paladar caminham juntos na percepção do sabor porque os sensores do nariz e da boca estão intimamente associados. Ao comer ou beber, moléculas voláteis presentes nos alimentos estimulam as papilas gustativas e o epitélio olfativo. A reunião dos gostos básicos (doce, salgado, ácido e amargo) com as sensações na mucosa da boca (temperatura, picância, refrescância), somada às inúmeras percepções do olfato, é que vai formar no cérebro a idéia de sabor.

Os estímulos nervosos são transmitidos ao cérebro exatamente na região responsável por diversas funções vegetativas, pela nossa memória e pelo controle de neurotransmissores (como a serotonina), que nos dão a sensação de prazer. É a região que nos torna capazes de ter lembranças quando sentimos um cheiro familiar.

O olfato depende de receptores sensoriais que respondem à presença de certas moléculas na atmosfera. Nos humanos, esses quimiorreceptores estão localizados no epitélio olfativo - um pedaço de tecido do tamanho de um selo postal, localizado na cavidade nasal. Esse tecido é recoberto de cílios e uma camada de muco. As moléculas gasosas são dissolvidas no muco e, então, interagem com os receptores. Um impulso é transmitido pelos nervos

olfativos até o cérebro, que, computando outros estímulos sensoriais, interpreta o impulso como um odor - muitas vezes acionando áreas da memória que relacionam o particular odor com algo já experimentado antes. A substância que provoca o odor precisa ter certas propriedades para ser capaz de provocar alterações sensoriais: deve apresentar alguma solubilidade em água, pressão de vapor considerável, lipofilia e massa molar não muito elevada.

Como percebemos os sabores

Quando ingerimos os alimentos, as papilas gustativas são quimicamente estimuladas na boca e depois esses estímulos são transmitidos à medula. Os estímulos passam das papilas gustativas na boca à medula. Em seguida, os estímulos são transmitidos ao tálamo, uma região de Substância Cinzenta (núcleos de neurônios) do Encéfalo; do tálamo passam ao córtex gustativo primário e, subsequentemente, às áreas associativas gustativas circundantes e à região integrativa comum que é responsável pela integração de todas as sensações.

A figura 1 mostra uma simplificação do “caminho” percorrido por moléculas e íons, a partir dos receptores localizados na língua e nas narinas, até chegar ao cérebro.

Para a sensação doce foi proposto um mecanismo químico cujo modelo é denominado “triângulo da doçura” que veremos a seguir.

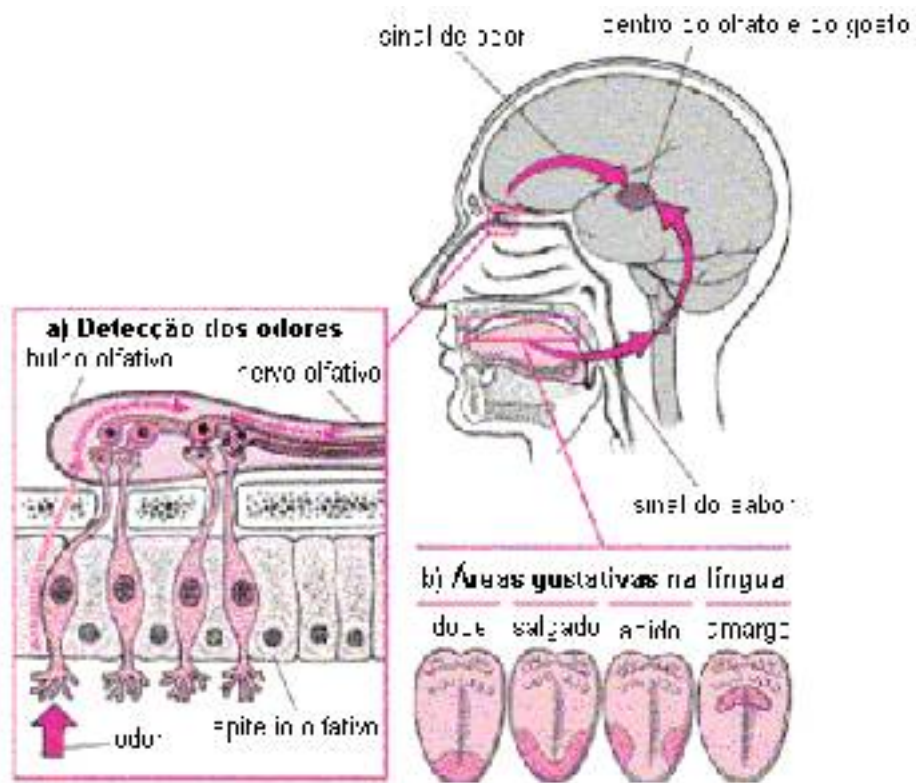


Figura D1 Fisiologia do gosto e do saber

a) Detecção dos odores = a molécula odorífera chega aos receptores no epitélio olfativo, passa pelo bulbo olfativo e é levada ao centro do olfato pelo nervo olfativo;
 b) Áreas gustativas na língua = percepção das sabores: moléculas e íons chegam aos receptores gustativos localizados nas papilas linguais = são levados até o centro do gosto via sistema nervoso.

4.2 - Um modelo químico para a doçura

São as forças intermoleculares que fornecem a base química para o paladar doce que percebemos em muitos alimentos. Foi proposto um modelo conhecido como “triângulo da doçura”, como será descrito a seguir.

Não há instrumentos nem unidades para expressar a doçura. Para atribuir valores (ou notas) e criar uma tabela de valores relativos da doçura dos açúcares naturais e artificiais, foi usada a análise sensorial. Indivíduos foram “preparados” para degustarem soluções dos diferentes adoçantes e comparar as respectivas doçuras com o padrão sacarose. Por análise estatística foi, então, construída numa tabela com valores absolutos, como mostra a tabela 1 (item 4).

Do ponto de vista químico, o modelo para a doçura envolve os receptores nas papilas gustativas que são compostos de proteína, a estrutura da molécula do açúcar e as interações químicas.

O sensor do paladar (na papila gustativa) é composto de proteínas que podem formar ligações de hidrogênio com outras moléculas. As proteínas contêm grupos $-N$, $-H$ e $-OH$, assim como grupos $C=O$ (cujo oxigênio está disponível para formar uma ligação de hidrogênio). Moléculas doces devem ter grupos $-OH$, $-NH_2$ e O ou N além de um grupo que possa estabelecer uma ligação hidrofóbica. O diagrama mostra que os três sítios são necessários e devem estar localizados a uma distância apropriada, por isso é conhecido como o triângulo da doçura.

O primeiro modelo foi proposto pelo grupo de Schallenberger em 1967, denominado “mecanismo do aroma”, como mostra a figura 2.

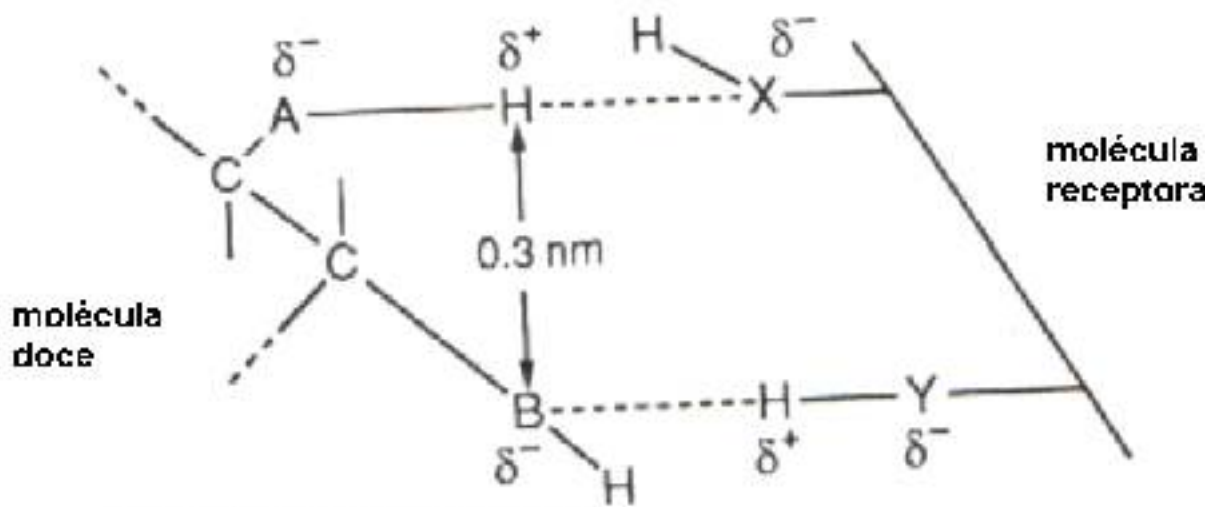
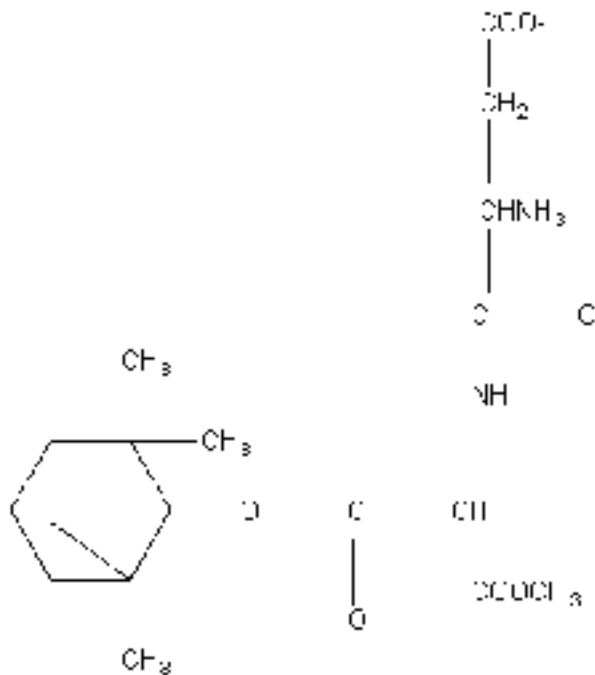


Figura 02 - Modelo da Doçura de Shallenbarger
 O triângulo que está a ficar definido, é uma maneira de se explicar a ligação de açúcares e outros químicos.

Apesar do modelo explicar a doçura da maioria das moléculas doces, alguns adoçantes naturais (estévia, por exemplo) e artificiais permanecem sem uma explicação química. Isso significa que as pesquisas devem continuar e que, provavelmente, o modelo do triângulo deverá ser aperfeiçoado.

Um exemplo é o composto cuja estrutura está a seguir: é 22.000 vezes mais doce do que a sacarose mas não se encaixa no modelo proposto.



ATIVIDADE 1: *Investigando a doçura de alguns compostos*

Doçura é um conceito relativo, e depende somente do paladar. Alimentos como o açúcar, o leite, o mel têm o sabor adocicado. Estes alimentos fazem parte da nossa dieta diária e estão reunidos na pirâmide alimentar.

A partir dessas considerações, responda as questões que se seguem:

- 1- Lembrando que no estado gripal o nariz fica congestionado e os alimentos “sem gosto”, qual deve ser a importância do olfato no paladar?
- 2- A que grupo de alimentos pertencem alimentos como o mel, açúcar e o leite?
- 3- Sabendo que o prefixo HIDRO, quer dizer água e o sufixo LISE, significa quebra, pesquise e explique o que é hidrólise de um composto em meio aquoso.

Considere as moléculas da sacarose e da lactose.

- 4- Qual é o papel da água na hidrólise?
- 5- Que tipo de ligação se rompe quando esses carboidratos sofrem hidrólise? Esta ligação é estável? Como acontece?
- 6- Represente a hidrólise de cada um desses dissacarídeos e nomeie os monossacarídeos resultantes
- 7- Consulte a tabela de doçura (item 4) e complete o quadro a seguir:

	Monossacarídeos (%)	Doçura Relativa
Solução A: Sacarose hidrolisada		
Solução B: Lactose hidrolisada		

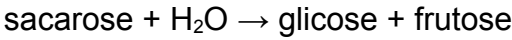
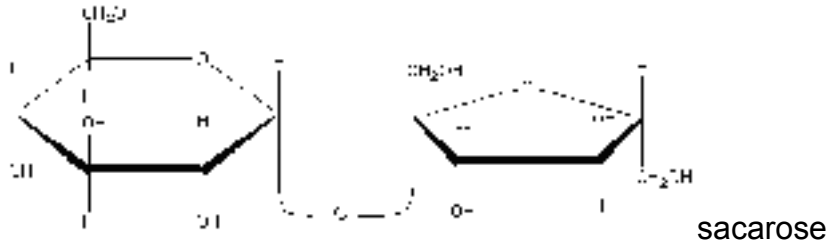
--	--	--

8- Responda: Qual solução, A ou B, deve ser mais doce? Responda usando argumentos que justifiquem sua resposta.

O QUE ACONTECE:

VI.

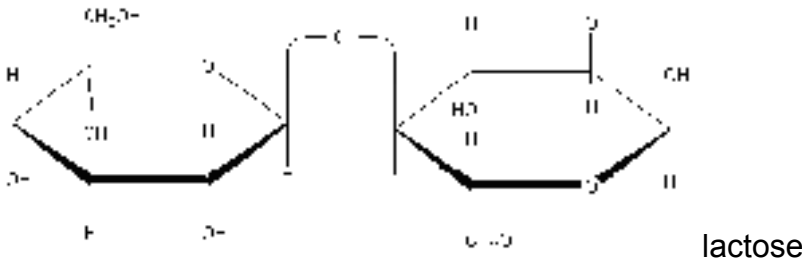
SACAROSE



doçura : 1,0 Δ 0,76 1,52

O produto glicose e frutose, chamado açúcar invertido, é mais doce (2,28) pois sua doçura relativa é maior que a da sacarose pura (1,0).

LACTOSE



doçura: 0,33 0,76 0,50

O produto glicose e galactose é mais doce (1,26) que a lactose (0,33).

No entanto, a solução com teor de doçura mais elevado é a primeira, a de sacarose.

VII.

	Monossacarídeo (%)	Doçura Relativa
Solução A: Sacarose hidrolisada	50% de glicose 50% de frutose	0,76 1,52
Solução B: Lactose hidrolisada	50% de glicose 50% de galactose	0,76 0,50

1. A solução mais doce deve ser a solução A, pois sua doçura relativa ($0,76 + 1,52 = 2,28$) é superior à da solução B ($0,76 + 0,50 = 1,26$).

O que pode ser explorado

Esta atividade permite discutir os conteúdos como: ligações químicas, interações químicas, ligação de hidrogênio, nomenclatura de química orgânica, algumas funções orgânicas.

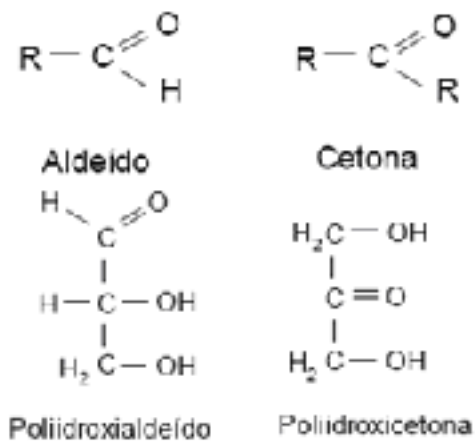
4.3 - O açúcar e outros açúcares

O açúcar para o leigo é a sacarose, extraída da cana-de-açúcar ou da beterraba branca; pertence à classe dos sacarídeos, palavra derivada do grego “sakcharon” e significa açúcar mesmo.

Os monossacarídeos são carboidratos constituídos por apenas uma unidade de açúcar. Os mais comuns são a glicose, a frutose e a galactose que possuem a mesma fórmula molecular, $C_6H_{12}O_6$, com estruturas químicas diferentes, isto é, são isômeros.

Os dissacarídeos contêm duas moléculas de monossacarídeo. A sacarose, por exemplo, é um dissacarídeo formado por uma unidade de frutose e outra unidade de glicose; a lactose também é um dissacarídeo constituído por glicose e galactose. Os monossacarídeos (ou dissacarídeos) também podem combinar-se e formar macromoléculas com longas cadeias (com mais de 10.000 unidades de açúcares) denominadas polissacarídeos ou polímeros de carboidrato. Vários tipos foram identificados, mas os mais comuns são a celulose e o amido, produzidos por plantas, e o glicogênio produzido por células animais. Estes três polissacarídeos são constituídos por monômeros de glicose mas são insípidos e por isso não são considerados açúcares.

Estruturalmente, os açúcares são aldeídos polihidroxilados (poliidroxialdeído) ou cetonas polihidroxiladas (poliidroxicetona); ou, ainda, compostos que, pela hidrólise, podem se transformar nestes. Além de sacarídeos, também são denominados de glicídeos.

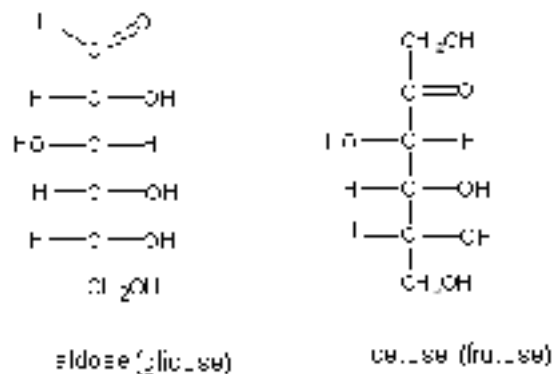


Grupos orgânicos presentes nos açúcares

Aldeído: a carbonila (C=O) está ligada à extremidade da cadeia carbônica.

Cetona: a carbonila (C=O) está ligada a outro carbono interno da cadeia.

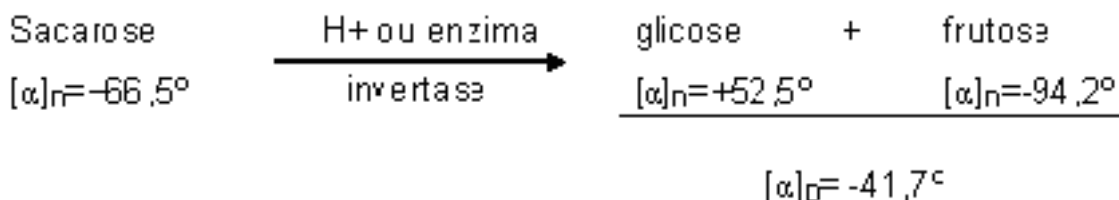
Em função do número de átomos de carbono, que nunca pode ser inferior a três, os açúcares são designados por trioses, tetroses, pentoses, hexoses etc. Por sua vez, dependendo da natureza da função carbonila, pode ser um aldeído ou uma cetona e são designadas por aldoses ou por cetoses.



A presença de carbonos assimétricos implica na existência de isomeria óptica.

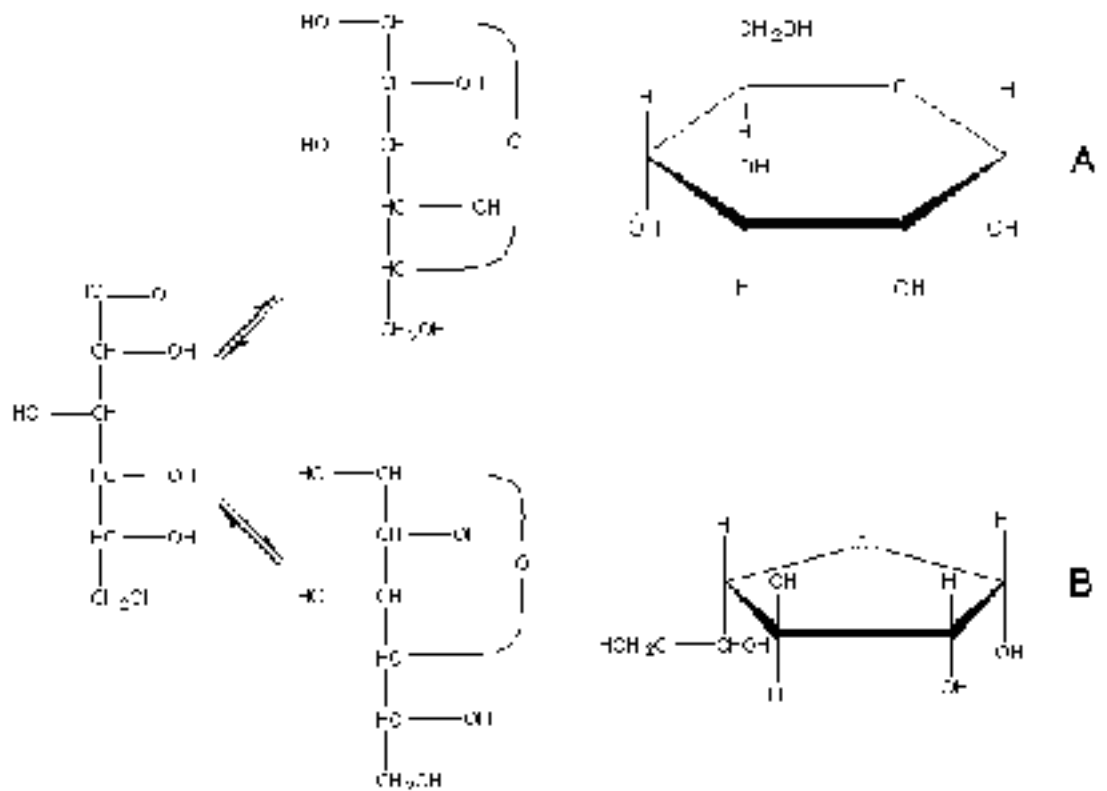
De fato, a glicose é dextrorrotatória (no polarímetro, desvia a luz para a direita) com $[\alpha]_D = +52,5^\circ$ e a frutose é levorrotatória (desvia a luz para a esquerda) com $[\alpha]_D = -94,2^\circ$. Se ambas as moléculas estão na mesma solução, o resultado é o desvio negativo da luz polarizada, ou seja, $[\alpha]_D = -41,7^\circ$.

A sacarose, que é constituída por glicose e frutose, apresenta $[\alpha]_D = +66,5^\circ$ sendo, portanto, dextrorrotatória. Quando submetida à hidrólise ácida ou enzimática, a rotação óptica se inverte – sacarose hidrolisada é levorrotatória e é denominada “açúcar invertido”.



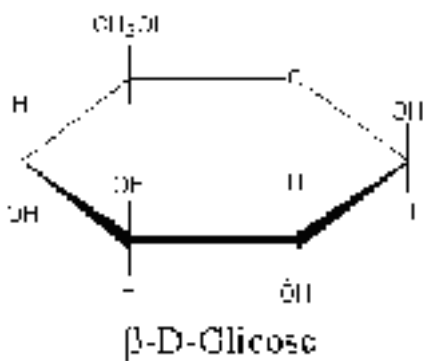
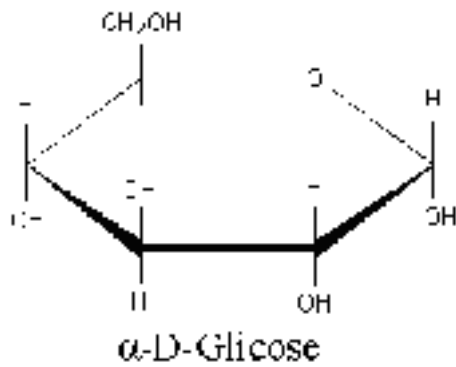
Para a indústria de alimentos doces, esta reação é de grande interesse porque os dois monossacarídeos misturados têm maior poder adoçante que a sacarose. (Ver doçura relativa na tabela 1, item 3).

Ainda com relação aos monossacarídeos, eles podem converter-se em formas cíclicas, mediante o ataque da sua carbonila por um dos seus grupos hidroxila. Esta reação é um exemplo relevante da formação de hemiacetais em biologia. As formas cíclicas só são estáveis se o anel tiver cinco ou mais átomos (caso contrário os ângulos das ligações serão muito diferentes do valor ideal de $\approx 109^\circ$). Os açúcares mais comuns formam anéis de cinco (furanoses) ou de seis átomos (piranoses). Em solução aquosa as formas cíclicas são mais estáveis do que as formas lineares.

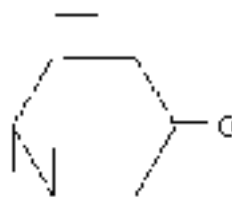


Ciclização de uma hexose (α D-Glicose), em piranose (A) e furanose (B)

A ciclização da glicose pode formar duas estruturas que diferem pela orientação da hidroxila no carbono C1, também chamado carbono anomérico. Na representação a seguir, a α -D-glicose tem a hidroxila “para baixo” e a β -D-glicose, “para cima”.



Alguns açúcares, na forma cíclica, como os derivados dos poliídrialdeídos, podem ser oxidados no carbono C1 do anel; são denominados açúcares redutores. O carbono C1, que tem uma hidroxila, é oxidado apresentando uma carbonila. Por exemplo, a glicose pode ser oxidada a ácido glicurônico.



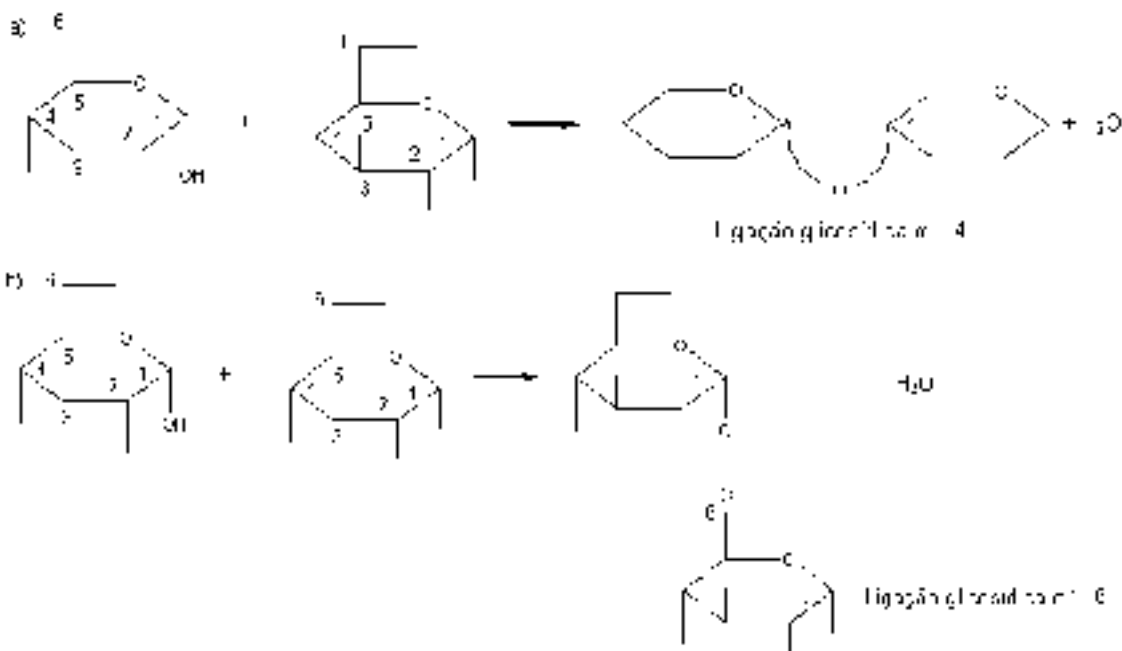
Ácido glicurônico

Os dissacarídeos mais comuns

A posição da hidroxila é de extrema relevância para os seres vivos. A α -D-glicose é a unidade do amido, um polissacarídeo com função de reserva alimentar; a β -D-glicose é a unidade da celulose, um polissacarídeo com

função estrutural nos vegetais. Este é um belo exemplo da relação estrutura / propriedade.

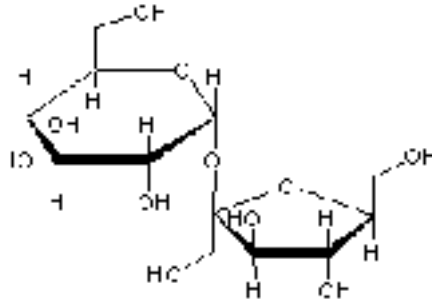
A formação de um dissacarídeo se dá pela eliminação de uma molécula de água estabelecendo uma ligação denominada ligação glicosídica (a ruptura da ligação, ao contrário, ocorre com participação de água e é denominada hidrólise). A seguir, a representação da formação de dissacarídeos envolvendo os carbonos C1 e C4 (a) e C1 e C6 (b):



Os dissacarídeos mais comuns que devem ser mencionados:

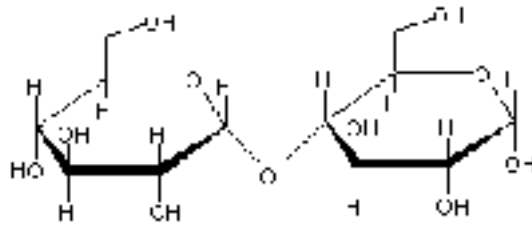
Sacarose: (Glicose-frutose) É o açúcar extraído da cana-de-açúcar e da beterraba branca. É o principal açúcar sintetizado pelas plantas e acumulado nos seus tecidos de reserva, sendo extraído comercialmente, no Brasil, a cana de açúcar. Por ter o carbono C1 do anel comprometido com a ligação hemiacetal, a sacarose não é um açúcar redutor.

Produz os monossacarídeos glicose e frutose a partir de sua hidrólise.



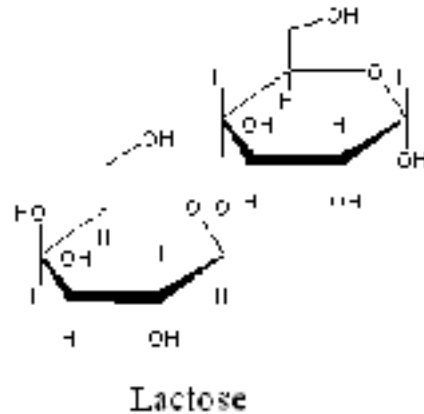
Sacarose

Maltose: (Glicose-glicose) É o produto da degradação do amido pelas amilases. Presente no malte e na cevada ou no milho, resultante da hidrólise do amido. É um açúcar redutor.



Maltose

Lactose: (Galactose-glicose) É o açúcar presente no leite. Na maior parte dos mamíferos, a enzima responsável pela sua hidrólise (a **lactase**) só é sintetizada durante o período de aleitamento. Na ausência de lactase, a lactose não pode ser digerida, tornando-se por isso uma fonte de alimento abundante para a flora intestinal que então, começa a crescer descontroladamente originando, por isso, náuseas e vômitos, assim como diarreia (por afetar a osmolaridade, uma medida da concentração de partículas osmoticamente ativas do intestino delgado). No entanto, desde a domesticação do gado, algumas populações humanas desenvolveram a capacidade de continuarem a sintetizar a lactase durante toda a vida. Corresponde de 4,6 a 4,8% da composição do leite. Os microorganismos, entre eles o *Streptococcus lactis*, utiliza a lactose como substrato e produz o **ácido láctico** (acidificação do leite).



A lactose é um açúcar redutor e é formada por uma molécula de galactose e por uma molécula de glicose, unidas por uma ligação glicosídica de tipo β . São raras as enzimas capazes de hidrolisar ligações de tipo β , mas os jovens mamíferos possuem essa enzima, que lhes faculta a possibilidade de digerir a lactose do leite. Nos humanos adultos, geralmente asiáticos e negros, esta enzima pode faltar, havendo então uma intolerância ao leite.

ATIVIDADE 2: Investigando açúcares

QUESTÕES INICIAIS:

Discuta com seus colegas e responda às questões a seguir:

- 1) O que é açúcar? Que tipo de açúcares utilizamos normalmente na nossa alimentação?

- 2) O que é glicose? E frutose? Em que alimentos pode-se encontrar glicose? E a frutose, onde pode ser encontrada?
- 3) Qual dessas moléculas é mais doce? Busque informações na tabela de doçura (tabela 1).
- 4) Que funções orgânicas aparecem na glicose e na frutose?
- 5) O que você entende por grupo funcional?
- 6) O que acontece com um composto que sofre oxidação? E redução?
- 7) Quando é possível ocorrer oxirredução?

Parte 1 – Identificação

- I. Enumere três tubos de ensaio e coloque-os dentro de um béquer;
- II. Coloque 2ml de água nos tubos 1, 2 e 3;
- III. Acrescente em cada um dos tubos uma colher de café de cada material: farinha de trigo, amido de milho e glicose.
- IV. Acrescente 10 gotas do Reagente de Benedict em cada um;
- V. Acrescente água no béquer até cerca de $\frac{3}{4}$ do volume; aqueça o sistema, utilizando o bico de Bunsen, cerca de 10min. Observe e anote os resultados.

QUESTÕES:

A partir de suas observações / anotações, responda:

- 1) O que é possível observar durante e ao final do procedimento?
- 2) Houve algum tipo de transformação química? Justifique.
- 3) Escreva as estruturas e fórmulas dos compostos que compõem o Reagente de Benedict (consulte um livro de técnicas de laboratório ou a internet).
- 4) Escreva as estruturas (ou parte delas) dos açúcares utilizados na atividade;
- 5) Escreva a equação simplificada da reação de oxidorredução. Indique o redutor e o oxidante;
- 6) Compare as cores das soluções de Sulfato de Cobre II e do Sulfato de Sódio. Qual dos íons, o cátion ou ânion, é responsável pela cor?
- 7) Por que o reagente de Benedict pode ser utilizado para identificar açúcares?
- 8) A Sacarose, um dissacarídeo, dá teste de Benedict negativo. Escreva a estrutura da sacarose e justifique esse teste ser negativo para a sacarose.

Os açúcares são compostos de função mista poliálcool aldeído ou poliálcool cetona. Os açúcares que contêm a função aldeído podem sofrer oxidação por determinados reagentes. Essa reação produz mudanças de cor e por isso é usada para identificar alguns tipos de açúcares como frutose e glicose. Os açúcares podem sofrer hidrólise (quebra de ligação em presença de água) formando açúcares mais simples. Esta atividade propõe o estudo de um efeito colorido relacionado à oxidação de determinados açúcares e também um teste que se baseia nesse poder redutor de alguns açúcares.

Açúcares simples como glicose (aldose) e frutose (cetose) podem ser identificados pelo teste de Benedict.

O QUE ACONTECE

A frutose e a glicose são encontradas em frutas e no mel e a galactose no leite dos mamíferos.

O Reagente de Benedict detecta “açúcar redutor”: a hidroxila do carbono C1 é oxidada a cetona. Esse reagente é uma solução contendo Sulfato de Cobre II (CuSO_4), Citrato de Sódio ($\text{H}_2\text{C}(\text{COOH})\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2(\text{COO}^-)\text{Na}^+$) e Carbonato de Sódio (Na_2CO_3). O Cu^{2+} é reduzido a Cu^+ e forma-se um precipitado vermelho.

Os monossacarídeos podem ser oxidados por agentes oxidantes relativamente suaves tais como os íons ferro III (Fe^{3+}) e cobre II (Cu^{2+}).

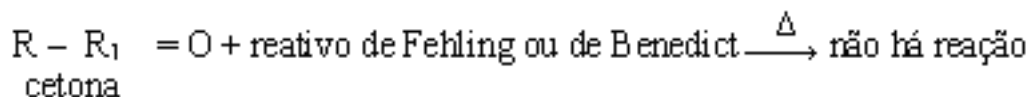
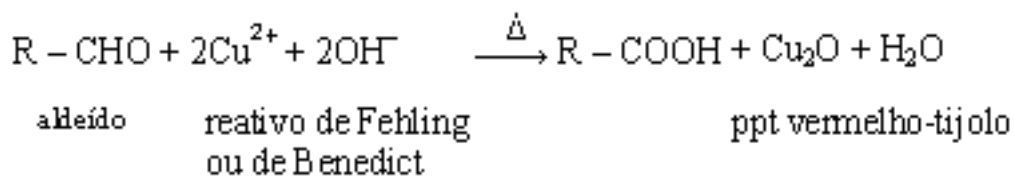
Os monossacarídeos, glicose e frutose são açúcares redutores por possuírem grupo carbonílico e cetônico livres, capazes de se oxidarem na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas. Os dissacarídeos que não possuem essa característica sem sofrerem hidrólise da ligação glicosídica são denominados de açúcares não redutores.

Os métodos químicos clássicos conhecidos para a análise de açúcares redutores são, na sua maioria, fundamentados na redução de íons cobre em soluções alcalinas (solução de Fehling ou de Benedict).

A **Solução de Fehling** é uma solução, desenvolvida pelo químico alemão Hermann Von Fehling, geralmente usada para diferenciar os grupos funcionais cetona e aldeído. A solução a ser testada é aquecida junto com a Solução de Fehling; um precipitado de cor vermelha ($\text{Cu}^{1+}_{(\text{aq})}$) indica que o composto é um aldeído. As cetonas não reagem.

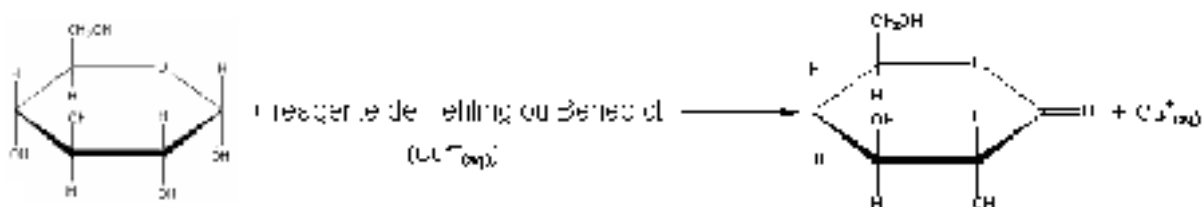
O **Reagente de Benedict** é constituído de uma solução de $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 +$ citrato de sódio. Na presença de glicose, forma-se, como resultado da redução do íon Cu^{2+} , um precipitado de óxido de cobre I. Podem ser

observadas as cores verde, amarela e vermelha (até tijolo), que refletem quantidades crescentes de glicose na solução. O mesmo não ocorre com a sacarose, que não apresenta –OH livre no carbono C1.



www.fisica.net/quimica

Para a glicose:



O que pode ser explorado

Pode-se, com essa atividade, explorar os conceitos de oxidante, redutor, oxidação, redução. A nomenclatura química orgânica e inorgânica além de funções químicas orgânicas e inorgânicas.

4.4 - Caramelização

ATIVIDADE 3 - Caramelização

Você já deve ter observado alguém, talvez você mesmo, fazer uma calda de caramelo para colocar em um pudim, não é mesmo?

QUESTÕES INICIAIS:

Converse com seus colegas e responda:

- 1- Como se faz um caramelo? Que ingredientes são utilizados?
- 2- Como você reconhece o ponto da calda? Quando está pronto?



Numa panela, leve ao fogo brando uma xícara de açúcar mexendo sempre de forma que, à medida que a sacarose desidrata, forma-se o caramelo.

Retire amostras à medida que você perceber alguma mudança no sistema.

Retire várias amostras:

- 1) Assim que ocorrem as primeiras transformações estando o açúcar no estado de líquido muito concentrado, “começa a se ajuntar”, retire uma pequena amostra e reserve;
- 2) Quando começar a ocorrer alteração na cor, retire outra amostra;
- 3) Quando formar um caramelo com características diferentes do anterior, retire outra amostra e reserve;
- 4) Retire tantas amostras quanto forem as diferenças percebidas.
- 5) Experimente, você e um colega, as amostras (mínimo de cinco). Porém as amostras devem ser degustadas na ordem contrária da que foram retiradas, da última para a primeira. Inclua também a degustação do açúcar em cristais.
- 6) Faça um relatório descrevendo a atividade passo a passo e faça suas considerações levando em conta as cores, o cheiro e o sabor das amostras.

RESPONDA A PARTIR DE SUAS OBSERVAÇÕES:

- a) A partir dos testes realizados, como você explica o que aconteceu com o açúcar? Que fatores podem ou não comprovar suas idéias?
- b) O que você percebeu sobre cada amostra colhida? Quais sensações que você pôde experimentar ao cheirar e provar cada amostra?
- c) O que aconteceu com o estado físico do sistema a cada amostra colhida?

O QUE ACONTECE

Na caramelização, as moléculas de sacarose, inicialmente, perdem água (*) e em seguida, sofrem desidratação, condensação, polimerização ocorrendo a formação de estruturas diferentes e algumas complexas de massas moleculares variadas. Levemente colorido e de gosto agradável, o caramelo começa a ser produzido durante os estágios iniciais mas, à medida que a reação continua, pode ocorrer a formação de compostos que influem no sabor, tornando o caramelo gradativamente mais amargo com a elevação da temperatura, ou seja, o açúcar irá queimar de acordo com uma relação diretamente proporcional ao tempo que você deixar (ou esquecer, o que não é incomum acontecer) a panela no fogo.

A cor do caramelo ganhou primeiramente importância comercial como aditivo em produtos de cervejaria (por exemplo, cerveja escura) e como um aditivo de cor para o conhaque. Em 1858, o químico francês M. A. Gelis foi autor do primeiro estudo publicado sobre a cor do caramelo. O trabalho de Gelis indicou que a caramelização da sacarose contém três produtos principais: um produto da desidratação, a caramelana ($C_{12}H_{18}O_9$) e dois polímeros, caramelen ($C_{36}H_{50}O_{25}$) e caramelin ($C_{96}H_{102}O_{51}$).

Há muitas controvérsias no que diz respeito aos valores do ponto de derretimento (a literatura indica um intervalo relativamente grande de 160° a $191^\circ C$) do açúcar com pureza elevada. Pesquisadores (GERMANO *et al.*, 2004) estudaram esse assunto e chegaram à conclusão de que o ponto de

* (molécula de água são mantidas por ligação de hidrogênio à sacarose).

fusão (amolecimento) do açúcar (sacarose com alto grau de pureza) é de aproximadamente $189^\circ C$. Contudo, o processo de caramelização (mudança de cor) começa a surgir em $154^\circ C$, sendo que a formação de compostos mais complexos, quando há a formação da cor amarela, inicia-se em $180^\circ C$. O açúcar passa de tons bem claros de amarelo, transformando-se para um dourado característico até chegar a uma cor negra intensa, quando a temperatura atingir cerca de $210^\circ C$. Esse processo de formação de carbono puro segue até aproximadamente $600^\circ C$.



Amostras da caramelização da sacarose, diferenciadas pela cor, sabor e textura

<http://www.ciadaescola.com.br/zoom/materia.asp?materia=291&pagina=8>

O que pode ser explorado

- A) Evidências de reações químicas – a produção do caramelo é um exemplo de “evidência de reações químicas”; cores, odores, sabores e viscosidade indicam que muitas reações ocorrem durante a exposição do açúcar ao calor.
- B) Nomenclatura, classificação e grupos funcionais de alguns compostos orgânicos.
- C) Conceito de pirólise.
- D) Ciclização de cadeias abertas.

Considerações importantes sobre a caramelização

A variação de cor e de odor indicam que novos compostos estão sendo formados. A crescente viscosidade da solução indica que moléculas “grandes” se formam e a coloração é uma prova de que essas moléculas absorvem luz e que têm ligações π (duplas ligações conjugadas).

A calda queimada ou caramelo é um bom exemplo de transformações químicas. No âmbito doméstico, o açúcar empregado é a sacarose sólida. Na

indústria de alimentos, o caramelo é mais usado como “corante natural” do que como adoçante porque sua doçura é bem inferior à da sacarose.

Esta reação envolve a degradação do açúcar puro. Submetida ao calor, a sacarose é desidratada (uma certa quantidade de água fica retida no cristal por meio de ligação de hidrogênio) e sofre hidrólise liberando glicose e frutose. Os açúcares no estado sólido são estáveis ao aquecimento moderado, mas acima de 120°C são pirolisados (processo em que ocorre uma ruptura da estrutura molecular original de um determinado composto pela ação do calor) dando produtos de degradação escuros, denominados, em conjunto, melanoidinas.

A reação tem início pela desidratação do açúcar redutor com rompimento das ligações glicosídicas e formação de substâncias intermediárias incolores.

A composição química do pigmento caramelo é extremamente complexa e pouco conhecida, embora caramelos obtidos de diferentes açúcares têm composição similar. O hidroximetil furfural é um composto chave; a partir dele, formam-se as melanoidinas e outras moléculas doces.

Esta reação pode ser catalisada por ácidos (limão ou vinagre, por exemplo) ou bases; a velocidade da reação é maior em meio alcalino.

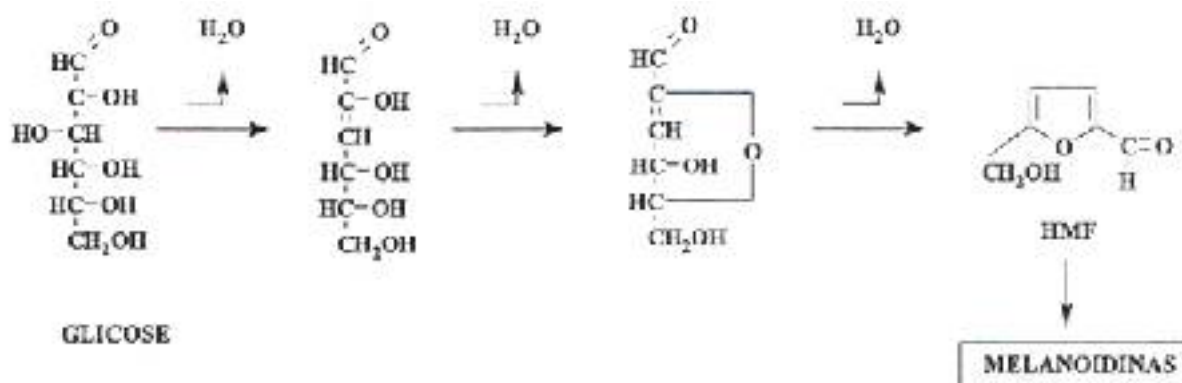
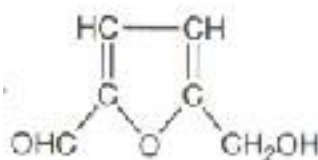


Figura 03: Esquema de formação da melanoidina a partir da degradação do açúcar.

Inicialmente, sob o efeito do calor, ocorre a ruptura das ligações de hidrogênio liberando água de hidratação (mesmo os cristais sólidos de sacarose se encontram hidratados por moléculas de água).

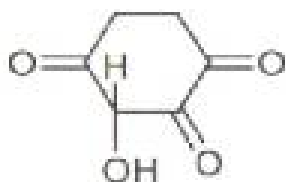


Praticamente, ao mesmo tempo, ocorre a ruptura da ligação glicosídica. Daí para frente, começam a ocorrer modificações estruturais com perda de moléculas de água e ciclização resultando vários compostos intermediários e o hidroximetil furfural (HMF), bem caracterizado quimicamente.

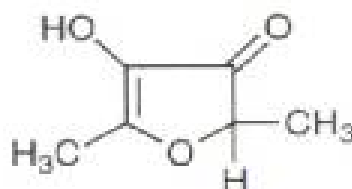


Hidroximetilfurfural

Dois compostos, derivados do HMF são responsáveis pelo “aroma caramelo”:



Acetilformoína



4-hidroxi-2,5-dimetil-3-furanona

A partir do HMF, por condensação de anéis, formam-se as “melanoidinas”, denominação genérica dada ao conjunto (complexo e ainda mal conhecido) de compostos responsáveis pela cor marrom-dourada do caramelo.

Como se vê, há muita química para ser explorada.

4.5 - A reação de Maillard

Sob esta denominação, um conjunto de reações (não totalmente conhecido) ocorre a partir de um açúcar na presença de proteínas (ou de aminoácidos ou de outra molécula que tenha o grupo $-NH_2$).

Foi descrita pela primeira vez pelo médico Louis-Camille Maillard, em 1912, que pesquisava a reação entre a lactose, uma aldose que tem um carbono redutor, e proteínas, que têm o grupo $-NH_2$. Descreveu a eliminação de água e a formação de glicosaminas. Mais tarde, outros pesquisadores químicos detalharam outras etapas da reação, identificaram muitos compostos intermediários e produtos finais. Alguns desses produtos estão também presentes no caramelo. Na seqüência, ocorrem diversas etapas (rearranjo de Amadori ou de Heyns, enolização, *formação de bases de Schiff*, formação de 5-hidroxiacetilfurfural – HMF), que terminam na polimerização e no aparecimento de compostos escuros chamados melanoidinas.

Esta reação é a principal causa do escurecimento desenvolvido durante o aquecimento e armazenamento de muitos alimentos que têm açúcar e proteínas.

A rigor, a reação pode ser indesejável pois, além do escurecimento, reduz a digestibilidade da proteína, inibe a ação de enzimas digestivas, destrói nutrientes como aminoácidos essenciais e ácido ascórbico e interfere no metabolismo de minerais, mediante a complexação com metais.

No entanto, os benefícios desta reação, estão relacionados à alteração desejável da cor e do flavor (sabor) em certos produtos, além do interesse pelas propriedades antioxidantes de certas substâncias intermediárias que se formam.

Um bom exemplo dos benefícios da Reação de Maillard é o pão. Sua crosta dourada e seu aroma agradável, sobretudo enquanto é assado e enquanto está quente, resultam de reações que produzem compostos responsáveis pela cor e moléculas voláteis que chegam aos receptores nasais.

BASES DE SCHIFF são iminas provenientes da condensação de substâncias carbonílicas com aminas, sendo importantes intermediários envolvidos em diversas transformações enzimáticas; **ENOL** é um álcool que possui hidroxila ligada a um carbono insaturado e não-aromático. Eles são compostos especiais porque geram espontaneamente cetonas ou aldeídos, dependendo da posição da hidroxila, num fenômeno chamado tautomeria.

Em linhas gerais, segue um esquema da Reação de Maillard e das principais moléculas que levam à formação do HMF e de compostos carbonílicos.

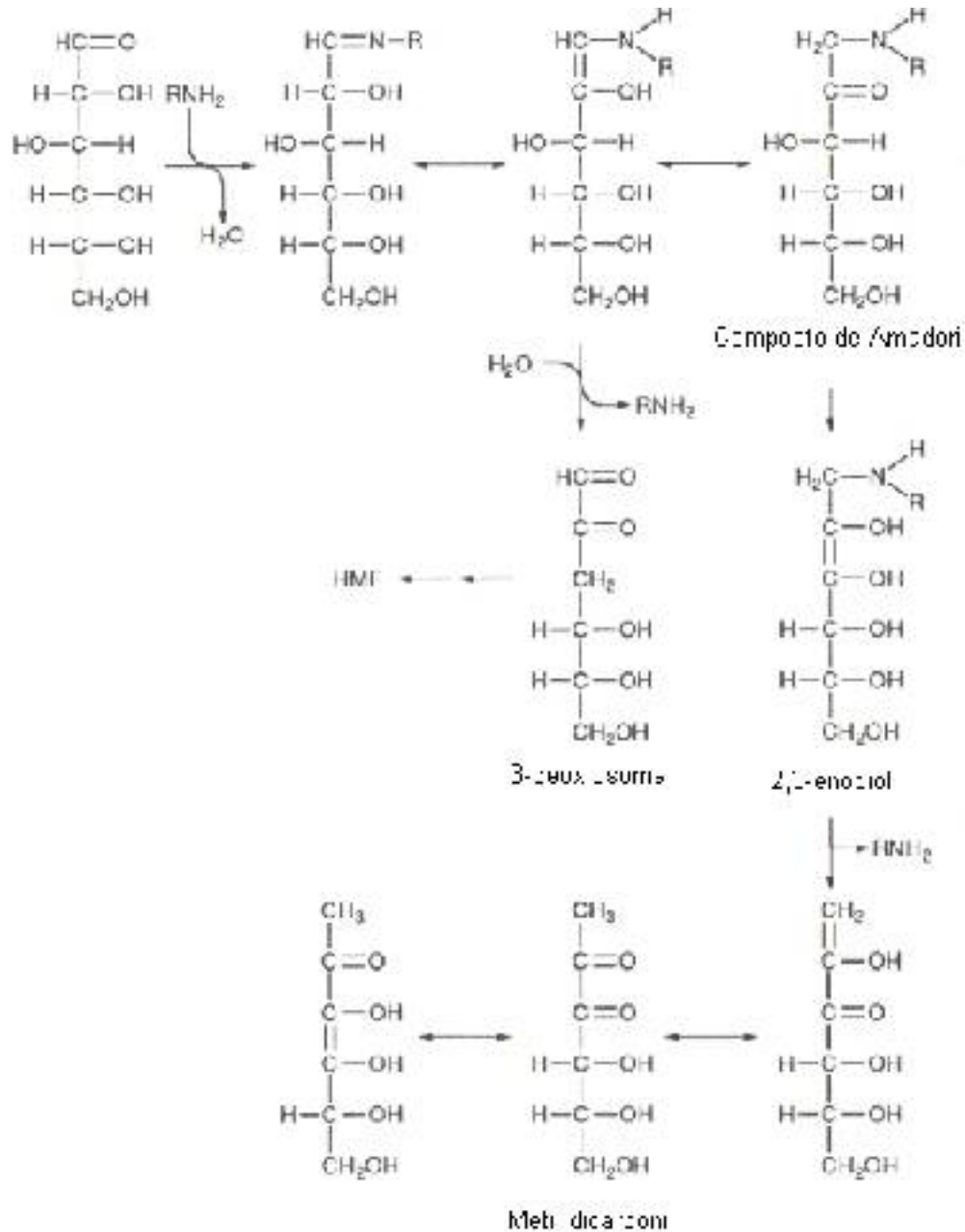
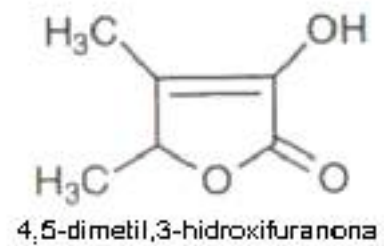
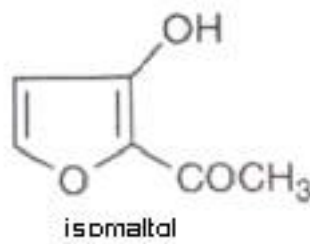
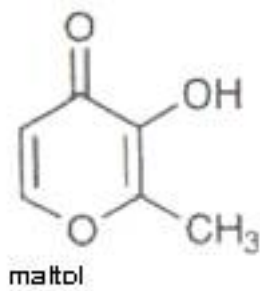


Figura 04 - Reação de Maillard.

Numa primeira etapa ocorre a formação de um composto amina (glicosilamina). A partir daí, seguem-se duas rotas: uma que leva à formação do hidroxi-metil-furfural (HMF); outra que produz compostos carbonílicos.

Outros compostos característicos do caramelo são o maltol e o isomaltol que conferem sabor doce e o 4,5-dimetil, 3-hidroxifuranona que é responsável pelo aroma de cana-de-açúcar.



Diversos fatores afetam a velocidade e a intensidade da reação de Maillard, tais como: temperatura, tempo, pH, tipo de grupo amina e de açúcar redutor, teor de umidade e presença de sulfito. A correta combinação desses fatores contribui para a obtenção de alimentos com boas propriedades sensoriais e menor perda nutricional possível. A seguir é apresentado um esquema simplificado da reação de Maillard.

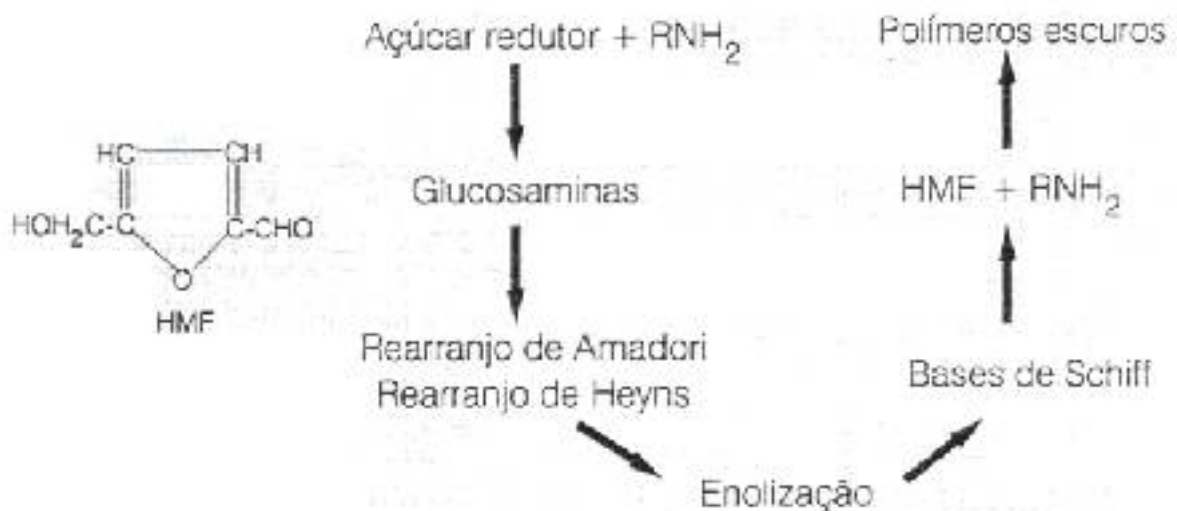


Figura 105
Representação esquemática da reação de Maillard (últimos passos na escala, p.46 FIDY (1997))

A formação de melanoidinas, que são, em conjunto, os compostos responsáveis pela cor marrom-dourado é mostrada no esquema a seguir. Tanto o HMF como as melanoidinas se formam, também, na caramelização, como já foi citado.

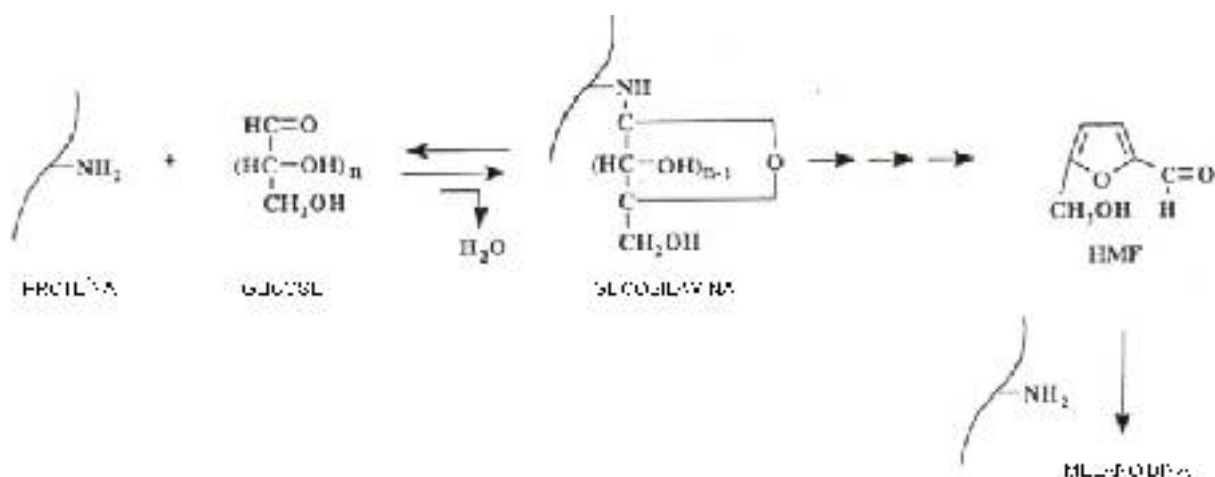


Figura 06: Esquema de formação da melanoidina a partir da reação entre uma proteína e glicose.

A reação de Maillard também parece estar envolvida no envelhecimento de nosso organismo. Muitos químicos vêm pesquisando drogas que interrompam as reações de Maillard numa tentativa de minimizar os efeitos do envelhecimento em nosso corpo.

O que pode ser explorado

As reações de Maillard são um tema muito instigante uma vez que mostra o que acontece quando da cocção de alguns alimentos como o pão e a carne. Pode-se trabalhar, a partir deste contexto, as funções orgânicas, o conceito de compostos intermediários, as reações químicas assim como reagentes e produtos.

5 - O amido

O modelo da doçura explica porque o amido é insípido. Sendo um polímero de glicose de alta massa molecular, poder-se-ia esperar um altíssimo grau de doçura. No entanto, os grupos –OH estão comprometidos com as ligações de hidrogênio intramoleculares, responsáveis pela manutenção da estrutura em hélice do amido.

ATIVIDADE 4 - *Reconhecendo e evidenciando diferenças estruturais entre amidos*

O amido é um polímero de glicose. Cadeias lineares, constituídas de glicose unidas por ligação α -1,4 são denominadas amilose. Cadeias ramificadas, apresentando ligações α -1,4 e α -1,6, são denominadas amilopectina. No amido de milho predomina a amilose e na farinha de trigo, a amilopectina.

Fazendo manjares:

Parte 1

Manjar de amido de milho

Material

- Água;
- Amido de milho;
- Açúcar.

Misture tudo em uma panela e leve ao fogo, mexendo sempre, até engrossar. Despeje em uma vasilha e deixe esfriar. Desenforme.

Parte 2

Manjar de farinha de trigo

Material

- Água;
- Farinha de trigo;
- Açúcar.

Misture tudo em uma panela e leve ao fogo, mexendo sempre, até engrossar. Despeje em uma vasilha e deixe esfriar. Desenforme.

Observe as duas amostras e anote. Corte uma fatia fina de cada manjar e observe contra a luz. Observe a textura de ambos. Anote suas observações e discuta com os colegas e com o professor.

QUESTÕES:

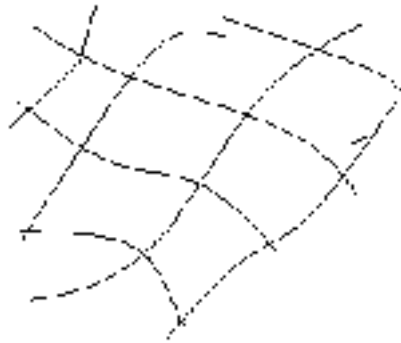
A partir de observações, pense e responda:

- Observando os manjares, antes mesmo de partí-los é possível notar alguma diferença entre eles?
- Corte uma fatia fina de cada uma das amostras e separe.
- Que diferença ou semelhança existe entre as amostras?
- Faça uma degustação. O sabor das duas amostras é o mesmo? Justifique.
- Ao fatiar os manjares, você pode observar alguma diferença entre eles?
- As amostras permitem a passagem de luz? Como explicar?
- Procure justificar o por que das diferenças ou semelhanças entre os manjares. Represente as estruturas dos amidos de forma que explique essas diferenças.
- Por que isso acontece?

O QUE ACONTECE:

a) Amido em presença de água, submetido a uma temperatura mais elevada, se desorganiza e, ao resfriar, se reorganiza constituindo um gel – é o processo de gelificação do amido;

b) Amido rico em amilose forma um gel uniforme e organizado dando uma textura “fina”.



Representação do amido rico em amilose

c) Amido rico em amilopectina forma um gel mais desorganizado dando uma textura “granulosa”.



Representação do amido rico em amilopectina

O que pode ser explorado

Esta atividade permite transitar entre o “micro” e o “macro”, facilitando a discussão sobre ligação química, gel, interações químicas.

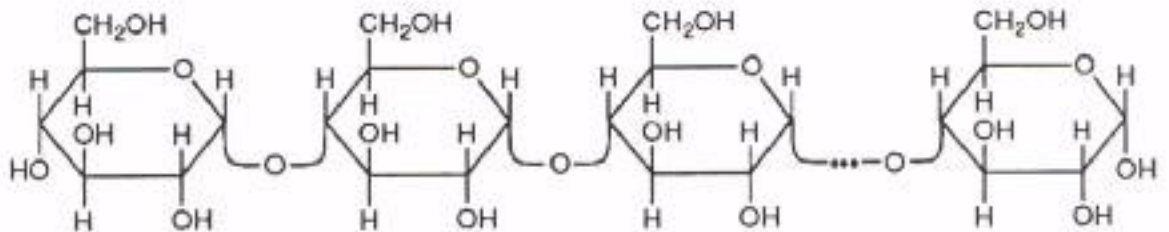
5.1 – Considerações sobre o amido:

Estrutura do amido

O amido é a forma de reserva glicídica dos vegetais, sendo constituído por dois polissacarídeos, a amilose (presente em maior quantidade no milho) e a amilopectina (presente em maior quantidade no trigo), em proporções variáveis que dependem das espécies e das variedades vegetais. Tanto a amilose como a amilopectina são polímeros da glicose, na forma de α -D-glicopirranose. A amilose tem uma estrutura linear, apresentando por isso, tendência para enrolamento em hélice. Pelo contrário, a amilopectina tem uma estrutura ramificada cujas partes lineares também são organizadas em hélice.

AMILOSE:

Polímero de glicose com ligações α -1,4 (unidades de repetição α -1,4-glicose-glicose); representa 10 a 20% do amido total. A enzima α -amilase promove a quebra (hidrólise) da molécula, liberando a maltose (dissacarídeo).



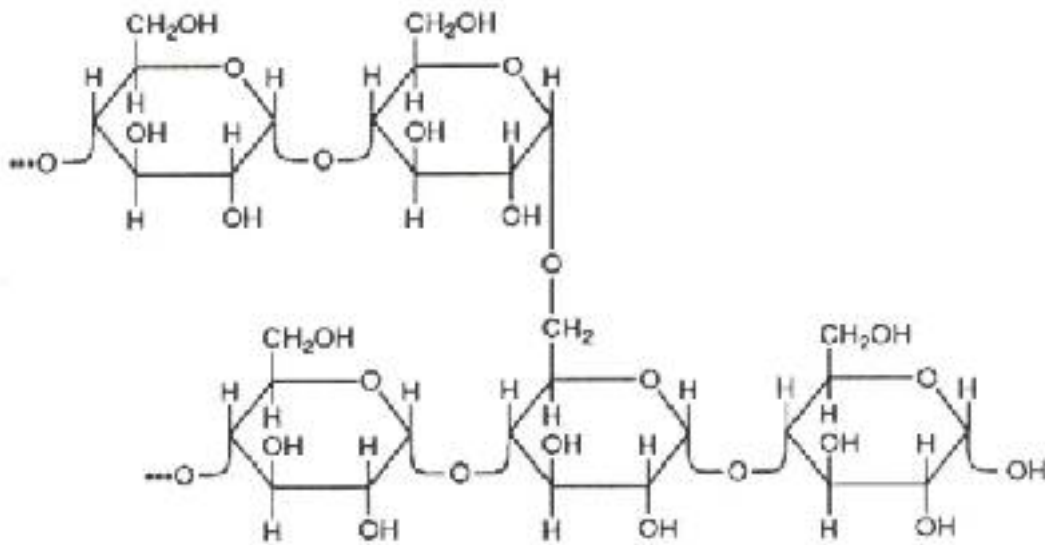
Estrutura da amilose: a cadeia linear é formada por moléculas de glicose ligadas com ligação α -1-4 (C1 de uma molécula com C4 da outra molécula). Na amilose, apenas uma unidade de glicose é redutora (extrema direita).

AMILOPECTINA:

Polímero de glicose com ligações α -1,4 (linear) e α -1,6 (ramificação) resultando em uma molécula ramificada; Corresponde de 80 a 90% do amido total.

Uma representação de uma parte do amido (como na figura que se segue) permite visualizar as partes lineares, as ramificações e o único carbono

reduzidor. Todas as demais moléculas de glicose têm o carbono C1 comprometido com a ligação glicosídica, α -1,4 e α -1,6.



Estrutura da amilopectina

Uma representação mais simples mostra como deve ser a amilopectina.

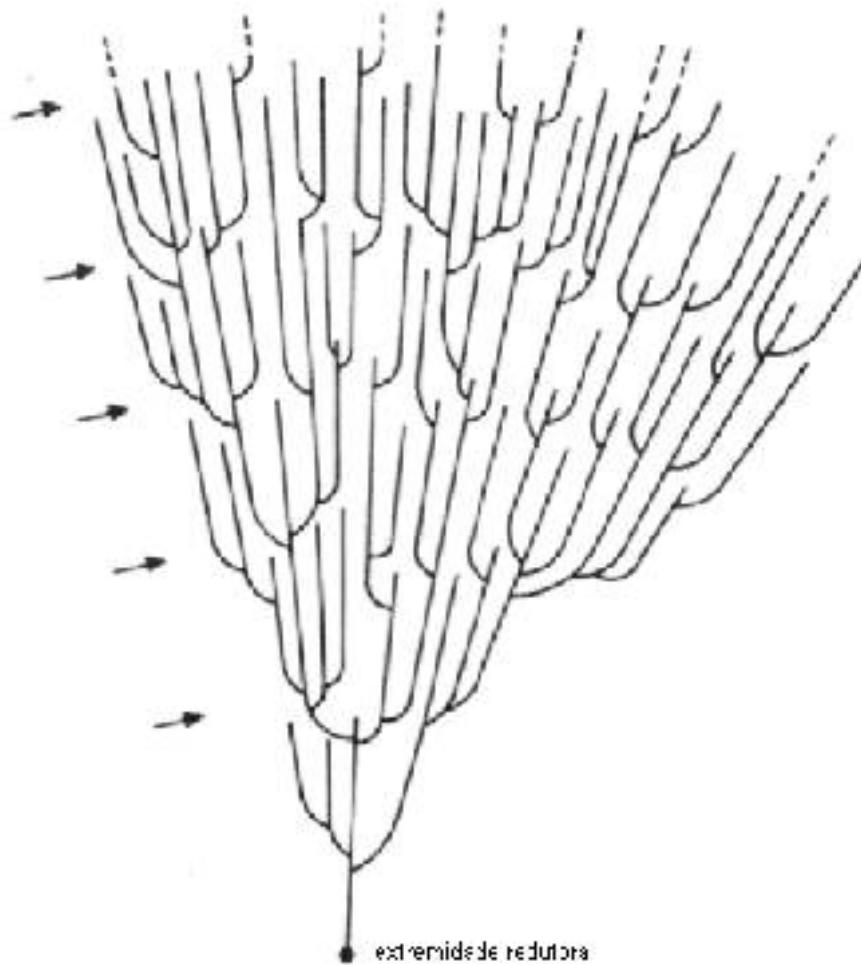


Figura 07: Representação e simplificação do amido, em que nota-se a presença de um único carbono redutor e a cadeia ramificada de unidades glicose.

As diferenças estruturais entre amido rico em amilose e amido rico em amilopectina podem ser evidenciadas macroscopicamente pela diferença nas texturas de cremes feitos com um e outro amido.

5.2- A farinha de trigo: o amido e a proteína

O amido é o constituinte principal de muitos alimentos, sementes e tubérculos. O trigo é pouco consumido como tal mas, a sua farinha é mundialmente consumida na forma de alimentos mais elaborados – o pão e as massas também, talvez sejam o principal destino da farinha de trigo.

Ao contrário de muitos outros grãos, o trigo e o centeio também têm proteínas incluídas na matriz amilácea e a combinação amido/proteína é responsável pela produção de muitos sabores durante a panificação sendo a Reação de Maillard, uma das principais reações.

Ao misturar a farinha de trigo e os demais ingredientes com água para homogeneizar mecanicamente, ocorre hidratação das proteínas do trigo, as gliadinas e gluteínas, que vão formar um complexo protéico mantido por ligações de hidrogênio, e ligações dissulfeto (— S — S —). Essas “pontes

dissulfeto” se formam a partir de aminoácidos que têm o grupo –SH (cisteína). Com o trabalho mecânico da massa, ocorre aeração e o oxigênio atua oxidando os grupos –SH de modo a formar as ligações –S - S– entre duas cisteínas de duas moléculas de proteína. O complexo protéico formado, sustentado por ligações dissulfeto, é denominado glúten e é o principal responsável pela manutenção da forma do pão. O trigo e o centeio são os únicos cereais que contêm as proteínas em qualidade e quantidade necessárias para formar o glúten para fabrico das massas panificáveis.

5.3 – Sabores do pão

ATIVIDADE 5 – Pão

1) Faça uma análise sensorial, e responda às questões usando argumentos que justifiquem suas afirmações.

Faça uma “bolinha de massa” de farinha de trigo e água; deguste e faça anotações tentando identificar o sabor.

a. Que sabores você identificou?

Deixe a “bolinha de massa” por mais tempo na boca; deguste e faça anotações. Anote o sabor que você percebeu.

b. Mantendo a bolinha de massa na boca, você identificou sabores diferentes? Justifique.

Deguste, separadamente, o miolo de um pão e sua crosta (casca).

- c. A textura do miolo e da casca, é a mesma? Por que?
- d. O miolo tem o mesmo sabor da casca do pão? Por que?
- e. Que fatores contribuem para essas diferenças e / ou semelhanças?
- f. Ocorre alguma transformação química? Justifique.

OBS: o ideal é que seja usado um pão feito de farinha e água somente, para realizar a atividade.

O QUE ACONTECE:

Ao degustar a massa de farinha de trigo, não se percebe gosto algum, pois a princípio o amido é insípido. Deixando na boca por mais tempo, a amilase salivar começa a agir quebrando as ligações glicosídicas. As moléculas de glicose livres conferem sabor adocicado à massa.

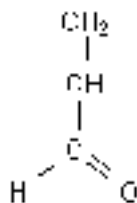
Algumas considerações sobre o pão:

Muitas são as reações responsáveis pelos sabores dos alimentos. Falemos um pouco dos sabores do pão.

Uma das reações que ocorrem e das mais comuns, por exemplo, é a reação de pirólise que acontece quando deixamos o pão por muito tempo na torradeira e ele fica queimado; bioquimicamente ocorre uma desidratação do amido induzida termicamente, resultando em carbono (carvão) e água.

Outra reação é a reação de caramelização (tratada no item 3.4) que ocorre quando o açúcar é aquecido a mais de 150°C. Nessas condições o carboidrato sofre uma série complexa de decomposições e rearranjos. As moléculas se

quebram, e pequenos fragmentos voláteis, como a acroleína (propanol) ($\text{CH}_2 = \text{CHCHO}$)



ou evaporam ou então se dissolvem na massa e lhe dão seu gosto. Além disso, polímeros são formados. Alguns polímeros são amargos e dão a cor marrom. Se for aquecido ainda mais, ele adquire tons cada vez mais escuros. Se o processo não for interrompido o açúcar se decompõe em vapor d'água e carbono, carbonizando o alimento.

A palavra caramelizar é usada para o douramento de diversos tipos de alimentos, mas, no sentido restrito da palavra, caramelizar significa o douramento induzido pelo calor de um alimento que contenha açúcares.

Quando o açúcar é aquecido na presença de proteína, acontece outro tipo de reação: a reação de Maillard (apresentada no item 3.5). O aldeído do açúcar reage com o grupo amino das proteínas e várias reações subseqüentes formam polímeros de coloração dourada e marrom e substâncias químicas que dão o gosto característico. Essas reações são responsáveis pelo sabor agradável da crosta dourada do pão, bem como de carnes grelhadas e assadas (as carnes contém glicogênio que à semelhança do amido, é formado por unidades de glicose e constitui a reserva animal).

Para entender porque a crosta do pão tem cor e sabor diferentes do miolo, é preciso lembrar que, no forno, o calor se propaga, por convecção, de fora para dentro do alimento. Além disso, a disponibilidade de água é diferente nas partes interna e externa da massa.

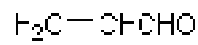
Para que ocorra a reação é preciso que ocorra a mobilização dos produtos de cada etapa de modo que o teor de água é fundamental.

Assim, forma-se um gradiente de compostos a partir da crosta (em que as condições são: vapor d'água e temperatura elevada) para o miolo (onde há água líquida e temperatura mais baixa).

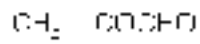
Apesar dos outros ingredientes também contribuírem para o sabor final do pão, o amido, em maior quantidade, fornece uma grande concentração de

compostos resultantes da caramelização e da reação de Maillard, como por exemplo:

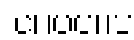
a) Acroleína



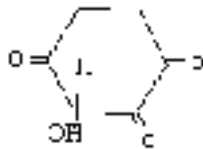
b) Piruvaldeído



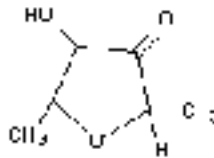
c) Glioxal



d) Acetilformoína



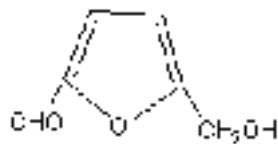
e) 4-hidroxi-2,5-dimetil-3-furanona



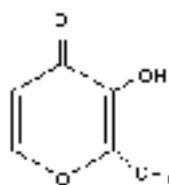
(d e e dão o sabor típico de caramelo)

f) Hidroximetilfurfural(HMF)

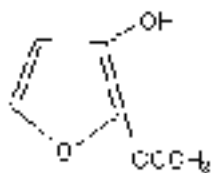
(forma-se na caramelização e na reação de Maillard)



g) Maltol

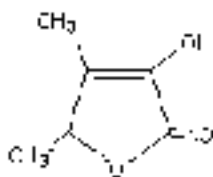


h) Isomaltol



i) 4,5-dimetil-3-hidroxifuranona

(composto fundamental do aroma de cana-de-açúcar)



Dezenas de outros compostos constituem o pão, tão simples em sua aparência e tão complexo em sua constituição. Este é um exemplo convincente de que o *alimento é química pura*.

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lembrando que o ensino é, para o professor, um desafio constante, a fonte de inspiração e de motivação deve estar na realidade do aluno. Nada é mais próximo do indivíduo do que o alimento. Ensinar Química usando os alimentos como contexto pode tornar mais prazerosa a tarefa do professor e garantir uma aprendizagem mais sólida dos conceitos fundamentais; os alimentos sempre despertam o interesse das pessoas, seja porque dele depende a sobrevivência, seja porque tornou-se assunto da mídia - cabe ao professor usá-lo como contexto na Química. Além disso, agregando os aspectos históricos e culturais, o professor pode induzir reflexões sobre a escolha consciente da alimentação.

A escolha recaiu sobre os carboidratos por se tratarem do componente majoritário da dieta. Os açúcares e o amido se prestam bem para exemplificar

reações químicas, grupos funcionais e isomeria. As atividades práticas apresentadas podem complementar e reforçar alguns conteúdos teóricos.

A expectativa é que os objetivos delineados no início deste trabalho tenham sido alcançados – oferecer ao professor de Química do Ensino Médio mais um instrumento para o seu trabalho.

7- ANEXOS

7.1 - Anexo 1 - Doçura

Sabor e aroma são exemplos de *quimiorrecepção*. O sabor em mamíferos é confinado à região úmida no interior da boca, mas alguns insetos provam o gosto dos alimentos através de seus pés, e os corpos de peixes estão cobertos de quimiorreceptores. Dentro das bocas dos humanos, quimiorreceptores localizam-se principalmente no órgão muscular chamado de língua. Línguas adultas têm aproximadamente dez centímetros de comprimento e contém aproximadamente nove mil papilas gustativas, que são grupos de cinquenta a cem células epiteliais inervadas por um pequeno número de terminais nervosos. Neste sentido, o sabor difere do olfato, no qual os sensores são os próprios terminais nervosos. No adulto, as papilas estão muito

confinadas ao perímetro da língua e o seu número declina com a idade, particularmente depois dos 45 anos. Nas crianças a língua é recoberta de papilas.

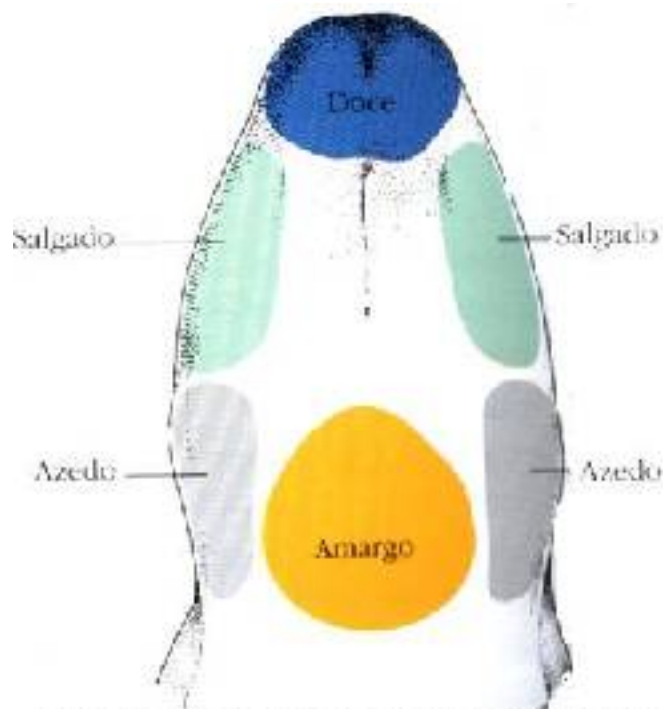


A micrografia mostra a estrutura das papilas: estas são microscópicos e recobrem toda a língua. A sua função é detectar o sabor doce, salgado e ácido. Se os receptores de sabor estão localizados na ponta da língua, a sua função é detectar o sabor doce.

Como mostra a ilustração, diferentes regiões da língua respondem ao que alguns identificam como os quatro sabores básicos: doce, salgado, ácido e amargo. A doçura, analisada nesta seção, é detectada na frente da língua. Os gatos têm muito poucos receptores desse tipo e estão entre os poucos animais que dão preferência ao sabor doce. A preferência por doçura e a aversão pelo sabor amargo podem ser uma adaptação evolucionária, já que muitos frutos são doces (quando os frutos amadurecem sua acidez declina e percebe-se melhor a doçura dos açúcares) enquanto muitos vegetais venenosos são amargos.

Moléculas que evocam sabor são chamadas de saporíferas (da palavra latina *sapere*, que significa “provar”). Um critério de sapidez é a solubilidade, porque uma substância deve dissolver-se em água antes de poder penetrar nos sensores de sabor. Sabores particulares são evocados por moléculas com grupos de átomos em arranjos característicos chamados de unidades

saporíferas. A unidade responsável pela doçura é chamado glucóforo; a estrutura de um glucóforo presumivelmente é uma réplica da estrutura de uma proteína em um receptor de sabor _ um botão ou cálice gustativo próximo da frente da língua. Quando a molécula se liga, talvez por formar ligações de hidrogênio com a proteína, um sinal é enviado ao cérebro.

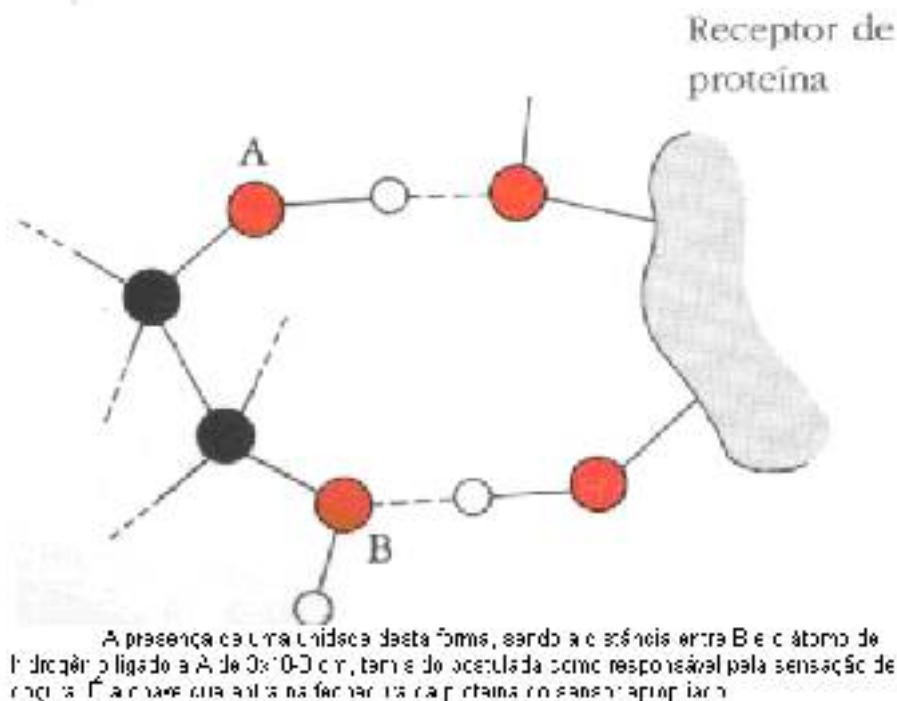


As regiões da língua que respondem aos diferentes sabores

Vários modelos foram propostos para os glucóforos. O problema é identificar um grupo de átomos num dado arranjo geométrico que, se presente em uma molécula e o restante desta não for volumosos demais a ponto de impedi-lo de se aproximar estreitamente do receptor da molécula de proteína, pode ligar-se à molécula de proteína e produzir a sensação de doçura. O glucóforo é, portanto, uma espécie de chave molecular, e a molécula de proteína é a fechadura molecular. Um modelo está na ilustração a seguir. Os átomos vermelhos chamados de A e B devem ser elétron-atratores (usualmente oxigênio, mas às vezes nitrogênio) que podem participar de pontes de hidrogênio. A doçura pode também depender da presença de um grupo de hidrocarbonetos próximo aos átomos A e B.

A frutose (80) é o açúcar mais doce (quando está na forma de anel de seis membros). A sacarose tem sabor cerca de uma vez e meia mais doce que a glicose, talvez devido ao fato de conter dois glucóforos em um arranjo apropriado para que ocupem dois sítios em proteínas vizinhas. Entretanto, o

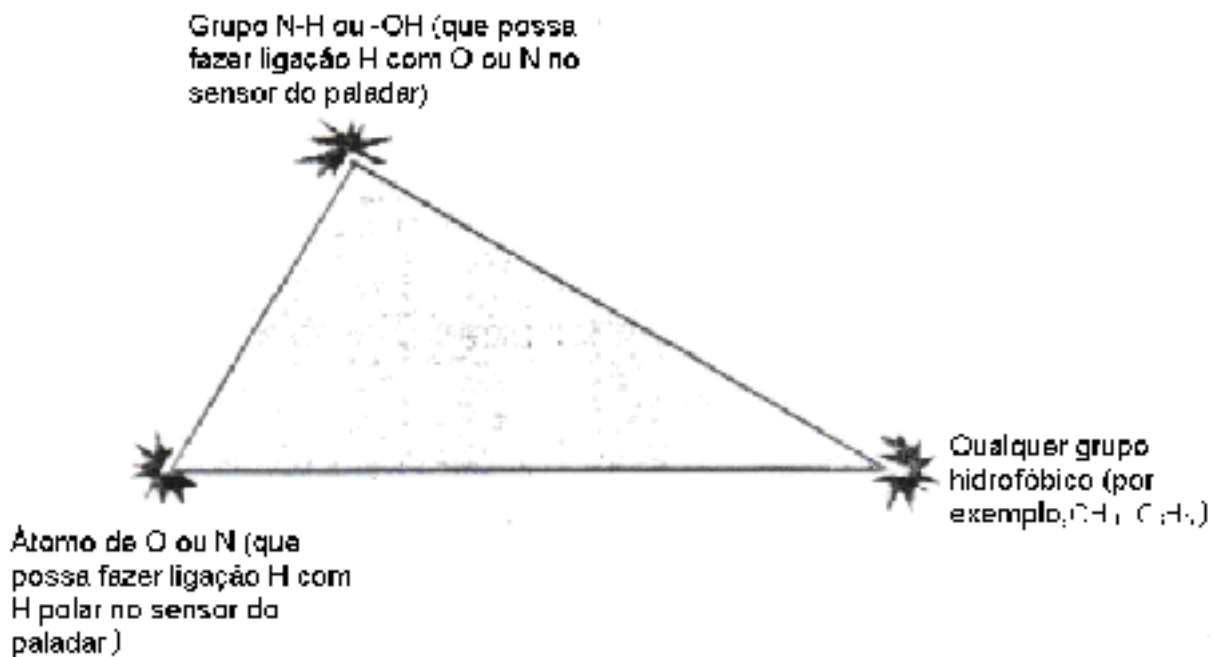
amido (83) não é doce, ainda que seja rico em glucóforos. Isso ocorre provavelmente porque as suas unidades individuais de glicose são firmemente impedidas de penetrar nos sítios do receptor pelo resto da cadeia.



Algumas moléculas pequenas, incluindo glicóis como o etileno glicol (65) e o glicerol (34), são doces. Os alfa-aminoácidos como a glicina (73) são doces, mas os que têm o grupo $-NH_2$ mais afastado do grupo carboxila não o são. Por exemplo, o neurotransmissor GABA (28) é insípido. Os sabores do alfa-aminoácidos, que são imagem especular um do outro, são diferentes: os D-aminoácidos (que não ocorrem naturalmente) são todos doces, mas os correspondentes L-aminoácidos (que não ocorrem naturalmente) podem ser doces, amargos ou insípidos. Isso enfatiza a importância da forma da molécula para a sua capacidade de ligar-se à molécula da proteína receptora. A imagem especular de uma chave molecular pode ser incapaz de funcionar na fechadura molecular. Algumas soluções de sais metálicos são doces – por exemplo, sais de berílio evocam um sabor doce, assim como alguns sais de chumbo (inclusive o acetato de chumbo). Mesmo soluções de sal comum (cloreto de sódio) têm sabor ligeiramente doce se forem extremamente diluídas.

ATKINS, P.W. Moléculas. In: Doçura. São Paulo. Edusp, 2002. Cap. 4, p. 106-107.

7.2 - ANEXO 2 - *O modelo da doçura*



Triângulo da doçura

As forças intermoleculares fornecem a base química para o paladar doce de muitos produtos. A indústria de adoçantes artificiais desenvolveu-se com base no sabor doce de produtos químicos descobertos nos laboratórios quase que por acidente. Em 1878, Ira Remsen estava trabalhando até tarde em seu laboratório quando, ao olhar de relance para o relógio, percebeu que estava atrasado para um jantar com os amigos. Na sua pressa para deixar o laboratório, esqueceu-se de lavar as mãos. Mais tarde, à noite, durante o jantar, ele teve apenas que partir um pedaço de pão para perceber o quanto estava doce. Percebeu que o sabor adocicado era resultado do produto químico com o qual vinha trabalhando no laboratório e correu de volta para lá, onde havia isolado a sacarina, o primeiro dos adoçantes artificiais.

Em 1937, enquanto trabalhava no seu laboratório, Michael Sveda estava fumando um cigarro (um hábito no mínimo, muito perigoso!). Ao tocar seu lábio com o cigarro, ficou surpreso com o paladar extremamente doce. Quando purificou o produto químico que tinha nas mãos, verificou ser o ciclamato, uma matéria-prima utilizada por muitos anos pela indústria de adoçantes artificiais.

Em 1965, James Schlatter estava pesquisando drogas antiúlcera para a indústria farmacêutica G. D. Sarle. Durante seu trabalho, acidentalmente, ingeriu uma pequena quantidade do seu preparado e verificou surpreso que tinha um sabor doce. Após ser purificada, a substância de sabor doce mostrou

ser o aspartame, uma molécula que consiste em dois aminoácidos ligados. Uma vez que apenas uma pequena quantidade de aspartame é necessária para adoçar, passou a ser um excelente adoçante artificial de baixo teor calórico. Hoje sob os nomes comerciais de Equal e Nutrasweet, o aspartame é um dos alicerces da indústria de adoçantes artificiais.

Há mais de 50 moléculas diferentes que têm o sabor doce, e todas tem formas moleculares semelhantes. O triângulo da teoria dos adoçantes, desenvolvido por Lamont Kier (Faculdade de Farmácia de Massachusetts), indica que essas moléculas contêm três sítios que produzem a estrutura apropriada para se ligar ao sensor do paladar e disparar o gatilho da resposta que registra em nossos cérebros o “doce”.

O sensor do paladar é composto de proteínas que podem formar ligações de hidrogênio com outras moléculas. As proteínas contêm grupos $-N$, $-H$ e $-OH$ (com o hidrogênio disponível para ligação), assim como grupos $C=O$ (fornecendo oxigênio para a ligação hidrogênio). As moléculas que são doces também contêm grupos de H ligantes, incluindo $-OH$, $--NH_2$ e O ou N. As moléculas não devem ter apenas os átomos apropriados para formar as ligações hidrogênio mas, também, conter uma região hidrofóbica (repelente à H_2O). O triângulo no diagrama mostra que os três sítios são necessários. A molécula deve conter os três sítios localizados a uma distância apropriada.

A pesquisa para novos e melhores adoçantes continua. O adoçante perfeito deve ter as seguintes qualidades: (1) ser tão ou mais doce do que a sacarose (açúcar de mesa), (2) não ser tóxico, (3) acionar o sensor do paladar e registrar o sabor doce rapidamente, (4) liberar-se facilmente para que o sabor não perdure em demasia, (5) não ter calorias, (6) ser estável quando cozido ou dissolvido e (7), é claro, ser barato. Os cientistas continuam a pesquisar diferentes moléculas que possuam essas qualidades.

Chang,R. Química Mc Graw-Hill, , Química em Ação, Como isso é doce,5ª edição 1994.

7.3 - ANEXO 3 - Uma história para o Pão

O uso do pão na alimentação humana é antiguíssimo e a arte de fazer pão remonta aos primeiros tempos de sedentarização do Homem, no Extremo Oriente. Há vestígios do fabrico de pão na Suíça há 10 000 anos atrás. Na sua origem o pão apresentava uma cor escura, sendo produzido com farinha não peneirada e cozido sobre pedras ao sol. Cerca de mil anos antes de Cristo, o Homem já sabia moer a farinha, peneirar os cereais, escolher as ervas aromáticas, azeite e frutos para temperar e recorrer ao forno para assar o pão.

Conta ainda a história que, antes de servirem para fazer pão, as farinhas, de diversos cereais, eram usadas em sopas e mingaus. Posteriormente se passou a misturar nas farinhas mel, azeite doce, mosto de uva, tâmaras esmagadas, ovos e carne moída, formando-se espécie de bolos, que teriam precedido o pão propriamente dito. Esses bolos eram cozidos sobre pedras quentes ou sob cinzas, e posteriormente estas mesmas técnicas de cozimento foram utilizadas para o pão. A utilização de fornos de barro para cozimento de pães datam o VII milênio a.C e foi primeiramente realizado pelo egípcios.

Também foram os egípcios que introduziram o fermento na receita, sendo o primeiro povo a consumir alimentos fermentados (pão e cerveja), cerca de 2600 a.C.

Os hebreus, escravos do Egito, teriam sido os responsáveis pela descoberta da fermentação natural, ao deixar, por acaso, a massa do pão exposta ao calor e à umidade. O pão ganhou volume, ficou macio e com um sabor agradável e nunca mais voltou a ser o que era.

No Egito o pão era o alimento básico e segundo Heródoto era normalmente feito de cevada ou espelta, espécies de trigo de qualidade inferior, e amassado com os pés.

Os pães preparados com trigo de qualidade superior eram destinados apenas aos ricos. Com o pão no Egito também se pagavam salários: um dia de trabalho valia três pães e dois cântaros de cerveja. E o pão acompanhava os egípcios até à vida depois da morte. Nas orações fúnebres constam pedidos de pão de cevada, cerveja, aves de criação e bovinos, papas de cereais, queijo, peixe cozido sem cabeça e rins cozidos de carneiro.

Os judeus também fabricavam seus pães na mesma época, porém não utilizavam fermentos por acreditarem que a fermentação era uma forma de putrefação e impureza. A Jeová só ofereciam pão ázimo, sem fermento, o único que consomem até hoje na Páscoa.

Na Europa o pão chegou através dos gregos. O pão romano era feito em casa, pelas mulheres, tendo passado, posteriormente, a ser fabricado em padarias públicas, surgindo, então, os primeiros padeiros. Isto teria acontecido, segundo o filósofo romano Plínio, o Antigo, depois da conquista da Macedônia, em 168 a.C. Na Antiguidade, os deuses - e os mortos - egípcios, gregos e romanos eram honrados com oferendas de animais, flores em massa de pão. Era comum, ainda, entre egípcios e romanos, a distribuição de pães aos soldados, como complemento do soldo, tendo perdurado este costume na Idade Média.

O pão na idade média

Com a queda do Império Romano e da organização por ele imposta ao mundo, as padarias européias desapareceram, retornando o fabrico doméstico do pão na maior parte da Europa. O senhor feudal permitia apenas o uso do moinho e dos fornos. Voltou a se consumir, pela comodidade no fabrico, o pão ázimo, sem fermento e achatado, que acompanhava outros alimentos, como a carne e sopas.

Nessa época, somente os castelos e conventos possuíam padarias. Os métodos de fabrico de pães eram incipientes e, apesar das limitações na produção, as corporações de padeiros já tinham alguma força. No século XVII, a França se tornou o centro de fabricação de pães de luxo, com a introdução dos modernos processos de panificação, apesar de desde o século XII já ser habitual o consumo de mais de vinte variedades de pães naquele país. Depois, a primazia no fabrico de pão passou a Viena, Áustria.

A invenção de novos processos de moagem da farinha contribuiu muito para a indústria de panificação. Os grãos de trigo, inicialmente, eram triturados em moinhos de pedra manuais, que evoluíram para o de pedra movido por animais e depois para os movidos pela água e, finalmente, pelos moinhos de vento. Apenas em 1784 apareceram os moinhos movidos a vapor. Em 1881 ocorre a invenção dos cilindros, que muito aprimorou a produção de pães.

O pão no Brasil

O Brasil conheceu o pão no século XIX. Antes do pão, o que se usava, em tempos coloniais, era o biju de tapioca no almoço e no jantar a farofa, o pirão escaldado ou a massa de farinha de mandioca feita no caldo de peixe ou de carne.

No início, a fabricação de pão, no Brasil, obedecia a uma espécie de ritual próprio, com cerimônias, cruzeiros nas massas, salmos (orações curtas) para crescer, afogar e dourar a crosta, principalmente quando eram assados em casa.

A atividade da panificação no Brasil se expandiu com os imigrantes italianos. Os pioneiros da indústria de panificação surgiram em Minas Gerais e depois expandiram para todo o país.

7.4 - ANEXO 4 - *Plástico biodegradável de amido*

Um grupo de pesquisadores do Laboratório de Cereais, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, desenvolveu um plástico biodegradável a partir do amido que constitui uma boa opção para diminuir os impactos ambientais do plástico convencional.

O trabalho deste grupo pode ser encontrado na íntegra no endereço:
www.cori.rei.unicamp.br

Há inegavelmente um crescente acúmulo de lixos proveniente de plásticos sintéticos, agredindo o ecossistema e, com intuito de procurar diminuir essa perigosa agressão tem-se buscado várias alternativas através da prevenção, redução, reciclagem, valorização química e enfim o uso de plásticos biodegradáveis. O uso de amido como material biodegradável é promissor devido principalmente à disponibilidade natural desse produto, que é extraído de uma fonte renovável de matérias-primas (cereais, raízes, etc.). Um grupo de pesquisadores realizou um trabalho que envolveu o uso de processo de extrusão para produzir laminados termoplásticos biodegradáveis à base de amido em maior concentração e gelatina, plastificados por glicerol e água susceptíveis de serem termoformados e moldados por injeção para diversos tipos de aplicações.

O produto foi avaliado considerando as propriedades mecânicas de tração e de barreira dos laminados termoplásticos obtidos após extrusão, tais como: a Resistência Máxima à Tração (RMT), Percentagem de Alongamento (PA), Elasticidade (E), Permeabilidade ao Vapor de Água (PVA) e Índice de Desintegração em Água (IDA).

Os materiais plásticos convencionais levam em média mais de um século para se degradar no ambiente. Eles são responsáveis por grande parte dos resíduos que se acumulam na natureza agravando o quadro da poluição ambiental. Assim, países no mundo já reconhecem a necessidade de reduzir o

uso dos materiais de difícil degradação principalmente os plásticos sintéticos, buscando encontrar alternativa ecologicamente viável proporcionando um desenvolvimento sustentável.

As principais fontes de matérias primas utilizadas nas pesquisas são os polímeros naturais ou biopolímeros tais como: polissacarídeos (amido, colóides, poliosídeos...) e as proteínas (colágeno, glúten, miofibrilares de peixe, de soja, de milho, etc).

O conhecimento das propriedades características do amido durante o processamento térmico mostra-se muito importante para o desenvolvimento de material biodegradável a partir deste produto. O amido como biopolímero na sua conformação mais estável é oriundo de fontes renováveis que são as plantas tais como: cereais, raízes, etc, na forma de grânulos de tamanhos variáveis dependendo da fonte e constituído principalmente de dois homopolímeros de D-glicose de estruturas primárias diferentes que são a amilopectina ramificada e a amilose linear.

A formação de termoplástico biodegradável envolve ligações inter e intramoleculares cruzadas entre cadeias de biopolímeros para formar uma matriz tridimensional semi-rígida que envolve e imobiliza o solvente. O grau de coesão depende da estrutura das moléculas, processo de fabricação, parâmetros físicos (temperatura, pressão, tipo de solvente, etc.), presença de plastificante e de aditivos reticuladores.

O processo tecnológico mais apropriado para a industrialização dos polímeros é o processo de extrusão. Esse processo térmico, devido às suas características técnicas de funcionamento tais como alta pressão, intenso cisalhamento mecânico, alta temperatura e tempo de residência curto, tem sido aplicado com sucesso na obtenção de diversos materiais manufaturados a base de polímeros.

Os laminados termoplásticos baseadas na formulação sendo o amido (A) a base, adicionada das concentrações de gelatina (G); de glicerol (G) como plastificante formando uma matriz AGG de sistema ternário e água como plastificante coadjuvante, apresentaram-se com uma boa aparência, lisos, de fácil manuseio, com flexibilidade variável de acordo com a concentração do plastificante tanto quanto as suas translucidezes. O fenômeno de plastificação ocorreu devido a três fatores principais:

- a) O teor de glicerol e da água relativamente alto, o cisalhamento e a temperatura fatores que provocaram a fusão da matriz polimérica conduzindo à formação de uma pasta plástica homogênea e viscosa.
- b) O alinhamento das moléculas ou agregados poliméricos devido ao escoamento progressivo laminar formando camadas paralelas superpostas,
- c) O resfriamento da pasta polimérica na matriz cumprida fixa as estruturas geleificadas e dá um formato final plastificado. A expansão é evitada graças a um gradiente de pressão estabelecido entre a entrada e a saída da matriz.

Sendo o laminado elaborado a base de biopolímeros higroscópicos, porém termoplastificado pelo processo de extrusão, observou-se que o contato do material com meio aquoso a 30°C sob agitação durante 24 horas não proporcionou o fenômeno de solubilidade, pois a água não ficou turva e permaneceu transparente.

Os grupos hidrofílicos OH do amido foram substituídos principalmente pelas moléculas do plastificante, pois são moléculas polares e os amino-grupos da gelatina reduzem a habilidade do amido de interagir com o meio aquoso via ponte de hidrogênio, para se solubilizar.

A tecnologia de extrusão propicia efetivamente um comportamento plástico em materiais biopoliméricos nas condições operacionais monitoradas. Os laminados apresentaram características adequadas para a norma ASTM 882. Os principais fatores que influenciaram as propriedades mecânicas foram as concentrações de gelatina e de plastificante.

Os plásticos biodegradáveis desenvolvidos terão impacto zero no ambiente em suas possíveis formas de aplicação e podem virar adubo ou ração para gados ou peixes pois são bioassimiláveis e biofragmentáveis haja vista que são metabolizáveis em qualquer organismo dos seres vivos pelas enzimas biopolimerases naturais que justifica uma produção limpa.

Todavia o “**AMIDOPLAST**” nome da marca do registro de Patente da pesquisa no **INPI** sob **No. PI 0303687-1** pode ser injetado ou termoformado.

É importante considerar que os plásticos desenvolvidos a partir do amido descrito na pesquisa, são possíveis devido ao comportamento das moléculas de D-glicose que possuem dois importantes grupos funcionais: O grupo –OH suscetível às reações de substituições e as ligações C–O–C suscetíveis à ruptura de cadeias. O grupo hidroxila tem caráter nucleofílico. Através das reações com esse grupo, modificação de várias propriedades pode ser obtida. Ligação cruzada e de –OH mudam a estrutura da cadeia, aumentam a viscosidade, reduzem a retenção de água e aumentam a resistência ao cisalhamento. Quanto às proteínas, suas propriedades características em termoplásticos dependem do potencial das ligações cruzadas intra e intermoleculares que envolvem a hidrofília (interação proteína-água) e a interfacialidade (capacidade de formar filmes).

DESENVOLVIMENTO DE PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL A BASE DE AMIDO,
GELATINA GLICEROL E ÁGUA PELO PROCESSO DE EXTRUSÃO
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE BARREIRA

Autores: Leonard Sebio; Yoon Kil Chang

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ARAÚJO, Júlio M.A.; Química de alimentos Teoria e prática, Viçosa, Ed.UFV, 3ª edição, 2004.
- ATKINS, P.W.; Moléculas, São Paulo, Edusp, 2002.
- BARHAM, Peter; A ciência da culinária, São Paulo, Ed. Roca, 2002.
- BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; Food Chemistry, Springer-Verlay, 1986. BOBBIO, Paulo A., BOBBIO, Florinda Orsatti; QUÍMICA do processamento de alimentos, São Paulo, Varela, 1992.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática, São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2004.
- CHANG, R. Química Mc Graw-Hill, , Química em Ação, Como isso é doce, 5ª edição 1994.
- CONN & STUMPF, 1980; ANDRIGUETTO et al., 1986; LEHNINGER, 1986; VASCONCELOS, 1993 e NUNES, 1998. Carboidratos. Disponível em: <<http://www.gilvan.pro.br/carboidratos.pdf>> Acesso em 20 Fev 2007. Acesso em 06 Mai 2007.
- COULTATE, T.P.; Food the Chemistry of its components, The Royal Society of Chemistry, 1996.

- FRUNZ, José Luis Córdova; LA química y la cocina, Fondo de Cultura Econômica, S.A. de C.V., Méxioco, 1990.
- LEWIN, A.M.F. E LOMÁSCOLO, T.M. M. La metodología científica en la construcción de conocimientos. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20 (2), p. 147-1510, 1998.
- JÚNIOR, Walter F. de Azevedo; Aminoácidos. Laboratório de Sistemas BioMoleculares. Depto. de Física. UNESP. São José do Rio Preto, SP. Disponível em: <http://www.biocristalografia.df.ibilce.unesp.br/cursos/intro_bioquimica/aula2.pdf> Acesso em 03 Jun 2007.
- LEONARD Sebio; YOON Kil Chang. Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido, gelatina glicerol e água pelo processo de extrusão. Avaliação das propriedades mecânicas e de barreira. Laboratório de Cereais. Planta Piloto de Extrusão. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos . UNICAMP. Campinas, SP. 2005. Disponível em:<<http://www.cori.rei.unicamp.br>>. Acesso em 01 Mai 2007.
- OLIVEIRA, Carla Santos de et al. Bioquímica na cozinha. Depto. de Bioquímica. Instituto de Química. USP. São Paulo. Janeiro, 2005. Disponível em:<<http://www.sbbq.org.br/revista/mtdidaticos/20.pdf>>. Acesso em 12 Mai 2007.
- Orientações curriculares para o Ensino Médio; Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias, Secretaria de Educação Básica, Brasília, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, volume 2, 2006.
- Química: Ensino Médio, organização Eduardo Fleury Mortimer, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, volume 5, 2006.

