

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PRODUÇÃO DE MASSA FRESCA ENRIQUECIDA
COM FOLHAS DE BRÓCOLIS
(*Brassica oleracea italica*)

Rafaela Poletto Cemin

Porto Alegre, 2013/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PRODUÇÃO DE MASSA FRESCA ENRIQUECIDA
COM FOLHAS DE BRÓCOLIS
(*Brassica oleracea italica*)

Rafaela Poletto Cemin

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia de Alimentos como
requisito parcial para obtenção do
Título de Engenheiro de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Rosane Rech

Porto Alegre, 2013/2.

PRODUÇÃO DE MASSA FRESCA ENRIQUECIDA COM FOLHAS DE
BRÓCOLIS (*Brassica oleracea italica*)

Rafaela Poletto Cemin

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Rosane Rech (Orientadora)
Doutora em Biologia Celular e Molecular
UFRGS

Florencia Cladera Oliveira
Doutora em Engenharia Química
UFRGS

Rafael Costa Rodrigues
Doutor em Engenharia Química
UFRGS

“Se não puderes ser o sol, seja uma estrela. Não é pelo tamanho que terás êxito ou fracasso. Mas seja o melhor no que quer que sejas.”

Pablo Neruda

RESUMO

O brócolis é um alimento frequentemente consumido pela população, sendo fonte de compostos bioativos como os carotenoides e tocoferóis. Além disso, apresenta interesse industrial e comercial, especialmente em relação à importância para as tecnologias emergentes, como o processamento mínimo ou uso de atmosfera modificada. A fabricação de massa fresca enriquecida com folhas de brócolis visa aumentar o consumo deste alimento e melhorar a qualidade da alimentação, uma vez que pode representar um alimento nutritivo produzido a partir de uma matéria prima de qualidade, sub-produto do processamento do brócolis. A análise de compostos bioativos confirma, como em outros estudos, a característica dos vegetais folhosos serem ricos em carotenoides, contribuindo para prevenção de diversas doenças. A quantidade de β -caroteno e luteína encontradas na folha de brócolis foram 2,695 mg/100g e 0,86 mg/100g respectivamente. A comparação das características tecnológicas da massa de brócolis com uma massa de espinafre, mostrou melhores resultados para a massa de brócolis para perda de sólidos (6,36 %) e aumento de volume (183 %). As massas tiveram mais de 70 % de aprovação sensorial, que seria o mínimo necessário para fazer testes de mercado, 74,4 % para a massa de brócolis e 81,1 % para a massa de espinafre. Este trabalho buscou unir as diversas áreas da Engenharia de Alimentos para elaborar e avaliar um novo produto para a indústria de massas frescas.

Palavras-chave: massa fresca, brócolis, extração de carotenoides, HPLC, resíduo agro-industrial.

ABSTRACT

Broccoli is a vegetable often consumed by the population as a source of bioactive compounds such as carotenoids and tocopherols. Moreover, it presents industrial and commercial interests, especially regarding the importance for emerging technologies, such as minimal processing or use of modified atmosphere. The making of fresh pasta enriched with leaves of broccoli serves to increase consumption of this food and improve food quality, since it may represent a nutritious food produced from a raw material quality, by-product of processing the broccoli. The analysis of bioactive compounds confirms, as in other studies, the characteristic of leafy vegetables are rich in carotenoids, contributing to the prevention of several diseases. The levels of lutein and β -carotene in broccoli flower and leaves were also quantified. Lutein and β -carotene analysis on broccoli leaves showed, 2.695 mg/100 g and 0.86 mg/100 g respectively. Regarding to the technological characteristics, broccoli pasta showed better results for cooking loss (6.36 %) and water uptake (183.9 %) when compared to the spinach one. The broccoli and spinach pasta showed overall acceptance of 74.4 % and 81.1 %, respectively, higher than 70 %, that is the minimum required for the indication of the product to the market test. This work seeks to unite the various areas of Food Engineering to develop and evaluate a new product to the industry of fresh pasta.

Key-words: fresh pasta, broccoli, extraction of carotenoids, HPLC, agro-industrial residue.

Lista de Tabelas

Tabela 1: Produção mundial de massas alimentícias segundo o IPO Annual Survey on World Pasta Industry (Organization, 2011).	26
Tabela 2: Consumo mundial de massas alimentícias segundo o IPO Annual Survey on World Pasta Industry (Organization, 2011)	26
Tabela 3: Green pasta formulations	50
Tabela 4: Amount of β -carotene and lutein in broccoli	52
Tabela 5: Results of physicochemical analysis and cooking quality of green pasta	54
Tabela 6: Color parameters for the raw and cooked pasta.....	55
Tabela 7: Result of sensory analysis.....	57

Lista de Figuras

Figura 1: Moléculas de clorofila a e b.....	16
Figura 2: Moléculas de carotenoides.....	19

Sumário

1.	Introdução	11
2.	Revisão bibliográfica	13
2.1.	Brócolis	13
2.2.	Pigmentos	14
2.2.1.	Clorofila.....	15
2.2.2.	Carotenoides.....	16
2.3.	Sustentabilidade e aproveitamento de resíduos	23
2.4.	Mercado de massas.....	24
2.5.	Massas alimentícias.....	26
2.5.1.	Aspectos gerais	26
2.5.2.	Legislação.....	28
2.5.3.	Qualidade de cozimento	29
2.6.	Ingredientes	30
2.6.1.	Farinha de trigo.....	30
2.6.2.	Água	32
2.6.3.	Ovo	32
2.6.4.	Sal.....	33
2.7.	Fabricação do macarrão fresco.....	34
2.8.	Referências	35
3.	Artigo para a Revista Food and Science Technology.....	46
3.1.	Introduction	47
3.2.	Materials and methods.....	48
3.2.1.	Broccoli	48
3.2.2.	Drying.....	48
3.2.3.	Carotenoid analysis	48
3.2.4.	Pasta production	49
3.2.5.	Physicochemical analysis	50
3.2.6.	Pasta cooking quality	50
3.2.7.	Sensory analysis.....	51
3.2.8.	Statistics analysis.....	52
3.3.	Results and discussion.....	52
3.3.1.	Carotenoid content.....	52

3.3.2. Physicochemical analysis and cooking quality determinations	53
3.3.3. Sensory analysis.....	56
3.4. Conclusion	57
3.5. References.....	58
4. Considerações finais	67

1. Introdução

O aumento da ocorrência de doenças cardiovasculares, diabetes, gastrite e obesidade, têm causado uma crescente preocupação em manter uma dieta e hábitos saudáveis, além da prática de atividades físicas. Em consequência, a indústria alimentícia tem procurado produzir alimentos mais nutritivos e com menor utilização de compostos químicos, os quais são substituídos por compostos de origem natural. A valorização de alimentos funcionais e produzidos com ingredientes naturais cresce a cada dia, motivando as indústrias a realizarem pesquisas e projetos de desenvolvimento de novos produtos, focados na melhor qualidade de vida através de uma alimentação de qualidade.

Frutas e verduras contêm uma ampla variedade de antioxidantes, os quais demonstram um efeito significativo na redução da incidência de doenças crônicas relacionadas com o envelhecimento, com destaque para os carotenoides.

Apesar de o Brasil ser um dos maiores exportadores mundiais de produtos agrícolas, milhões de brasileiros não têm acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente. Na fase final de consumo, o desperdício ocorre pela forma inadequada de armazenamento e refrigeração, falta de planejamento das compras e o não aproveitamento das partes consumíveis dos vegetais como as folhas, cascas, flores, talos e raízes.

As partes vegetais que são desperdiçadas poderiam ser utilizadas para enriquecer a dieta, bem como, diminuir os custos com alimentação, melhorar a qualidade nutricional do cardápio e reduzir o desperdício.

Além dos aspectos nutricionais, a adição de resíduos, que contêm naturalmente compostos bioativos e poder corante, podem propiciar uma aparência atraente com características sensoriais positivas. A cor é uma propriedade de importância tecnológica uma vez que é o atributo que mais influencia a aceitação dos alimentos, mas são seus efeitos benéficos à saúde que despertam o interesse da comunidade científica no mundo inteiro.

O aproveitamento de subprodutos agroindustriais vem sendo debatido e incentivado objetivando agregar valor a esses, já que hoje em dia há perdas significativas na produção além da dificuldade de descarte que gera ônus para as empresas além de prejuízos ao meio ambiente.

Este trabalho teve como objetivo fabricar uma massa fresca adicionada de um resíduo agroindustrial, a folha de brócolis e comparar suas características tecnológicas e sensoriais com uma massa semelhante fabricada com pó de espinafre, além de quantificar os teores de carotenoides presentes nas diferentes partes do brócolis.

A proposta para a utilização das folhas de brócolis para fabricação de massa fresca engloba este conceito de reaproveitamento, além de agregar nutrientes à formulação base. Conforme relatório do Estado da Insegurança Alimentar no Mundo 2012, publicado pela FAO em outubro de 2012, cerca de 13 milhões de brasileiros passam fome ou sofrem desnutrição; fato que poderia ser melhorado com a utilização de resíduos para fabricar alimentos nutritivos de baixo custo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Brócolis

O brócolis (*Brassica oleracea* Italica variedade Piracicaba) é uma Brassica vegetal que pertence à família das crucíferas e identificados por seus conjuntos densos de botões de flores verdes. É considerado um vegetal altamente nutritivo, rico em vitaminas e minerais Wu et al. (1992) e sua principal parte comestível são os botões de flores, assim sendo, 75 % da planta é descartado, resultando no desperdício de uma fonte de nutrientes, já que o teor de algumas vitaminas e cálcio do caule e da folha é entre 2 e 4 vezes mais do que o da flor brócolis (Wu et al., 1992).

Entre os legumes mais consumidos, o brócolis parece ser um dos melhores indutores de desintoxicação de enzimas de mamíferos associados com um redutor do risco de desenvolvimento de várias doenças crônicas (Dominguez-Perles et al., 2011). Essa hortaliça apresenta rápida senescência, caracterizada por amarelamento, perda de turgescência, desenvolvimento de odores indesejáveis, aumento na atividade enzimática e redução do valor nutricional (Carvalho and Clemente, 2004). Se comparadas com a couve-flor, são hortaliças 5 vezes mais ricas em cálcio e 120 vezes mais ricas em vitamina A (Barea and Reinehr, 2006).

O cultivo de brássicas tem destacada importância na olericultura orgânica brasileira, devido ao grande volume de produção, ao retorno econômico propiciado e ao valor nutricional das culturas (Peruch et al., 2006).

Diante da importância nutricional atribuída à família das brássicas, o consumo dessas hortaliças poderia ser realizado de forma integral. No entanto, apenas as inflorescências da couve-flor e do brócolis são aproveitadas, correspondendo a parte comestível e industrializável. O restante (folhas e caules) considerado resíduo agrícola, geralmente é desprezado sendo que poderia ser utilizado como fonte alternativa de nutrientes com papel importante em dietas balanceadas (Santos, 2003).

De acordo com recente estudo em células e ratos, divulgados pela Universidade de East Anglia no leste da Inglaterra, mostrou que um certo composto encontrado no brócolis chamado glicorafanina (um tipo de glucosinolato), se transforma no organismo em sulforafano, sendo capaz de bloquear uma enzima que causa danos às cartilagens, protegendo as articulações da artrose. Testes serão realizados em humanos para comprovar a eficiência da prevenção da doença através do consumo regular do vegetal. Mais de 8,5 milhões de pessoas na Grã-Bretanha têm artrose, uma doença degenerativa que afeta em particular as mãos, os pés, a coluna, os quadris e os joelhos (BBC, 2013).

2.2. Pigmentos

Os corantes alimentares se dividem em quatro categorias: corantes naturais, corantes idênticos aos naturais, corantes sintéticos e corantes inorgânicos (Mortensen, 2006). Corantes naturais encontrados em animais e produtos hortícolas são denominados como pigmentos naturais (MacDougall, 2002).

Os escurecimentos enzimático e não enzimático podem ocorrer durante o processamento térmico dos alimentos, bem como alterações nas condições do processamento tais como: pH, acidez, tipo de embalagem e temperatura durante o armazenamento que podem degradar os pigmentos (Meyer, 1987).

Estes carotenoides são responsáveis pela cor atraente de muitos vegetais, sendo provavelmente, o primeiro atributo avaliado pelos consumidores para determinar qualidade de um alimento e, portanto, sua aceitabilidade. Em frutas e vegetais, a cor provém principalmente de três famílias de pigmentos: clorofilas, carotenoides e antocianinas, que são responsáveis pelo verde, vermelho-amarelado e azul-violeta, respectivamente (Fernández-García et al., 2012; Schoefs, 2002).

Recentemente há uma crescente tendência de substituição de corantes artificiais por pigmentos naturais, em função de sua segurança e benefícios para a saúde Boyd (1998) e Hendry (1992), embora sejam, geralmente, menos estáveis e com custo mais elevado do que corantes artificiais (Lauro, 2000). Corantes artificiais e naturais são usados principalmente para alterar ou

melhorar a cor dos produtos ou ainda restaurar a cor original e garantir uniformidade e padronização dos produtos. As exigências dos clientes são que os alimentos devem conter cores agradáveis, provindas de matérias biologicamente naturais, como por exemplo, os carotenoides em que se ressalta a importância da atividade antioxidante contida nesses pigmentos (Agócs and Deli, 2011).

Os tons de amarelo em massas são dados pela mistura de cores amarelo e marrom da sêmola utilizada. Os principais componentes que afetam a cor são os carotenoides e as lipoxigenases (que são responsáveis pela degradação oxidativa durante o processamento de massas) (Borrelli, 2003).

2.2.1. Clorofila

O nome “clorofila” foi inicialmente dado ao pigmento verde envolvido na fotossíntese em 1817 Pelletier (1817), mas as fórmulas químicas só foram descritas por Willstätter (1913) anos mais tarde. As clorofilas são um grupo de pigmentos que ocorrem naturalmente em todas as plantas fotossintéticas, incluindo algas e certas bactérias, ocorrendo em duas conformações que diferem apenas por substituições no anel tetrapirrólico, como pode se observar na Figura 1. Ambos os tipos são importantes fontes de cor e a grande maioria é solúvel em água, e são utilizados em sopas, óleos, produtos de confeitaria, bebidas e cosméticos (MacDougall, 2002; *Mortensen*, 2006). Assim como ocorre nos carotenoides, clorofilas também apresentam um circuito fechado de ligações duplas que permite a absorção de luz (Schoefs, 2002).

O aumento da demanda por produtos de melhor qualidade pelos consumidores levou a um crescente interesse no desenvolvimento de métodos para melhorar a cor verde nos legumes processados. O papel da clorofila e seus derivados em vegetais verdes com relação à senescência e a perdas de cor durante o processamento foi examinado por Schwartz and Lorenzo (1990) e Heaton and Marangoni (1996).

É importante lembrar que os tecidos das plantas mostram a cor do pigmento predominante, mas podem conter muitas outras moléculas coloridas, que só aparecem quando o pigmento dominante desaparece, como por

exemplo, quando a degradação da clorofila desmascara os carotenoides (Hendry et al., 1987).

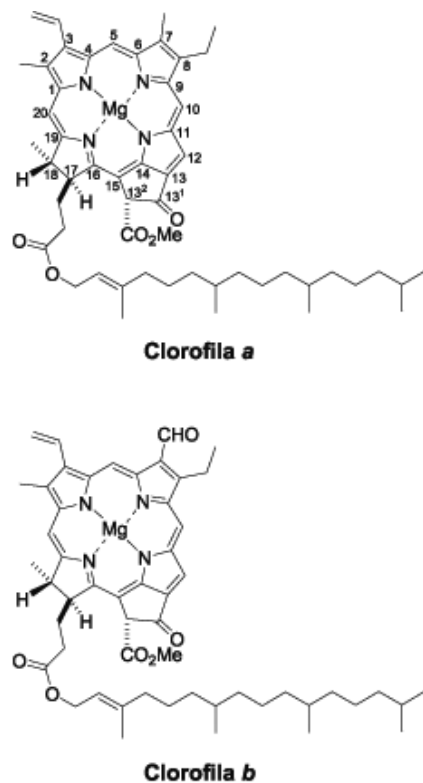


Figura 1: Moléculas de clorofila a e b.

2.2.2. Carotenoides

Os carotenoides são compostos bioativos presentes nas frutas e hortaliças que, além de serem responsáveis pela cor, apresentam excelentes propriedades antioxidantes que se deve à presença de um sistema de duplas ligações conjugadas, que confere a capacidade de capturar os radicais livres Young and Lowe (2001) e sequestrar espécies reativas de oxigênio (Edge et al., 1997).

Os carotenoides encontram-se nos cloroplastos de todos os tecidos verdes de plantas, onde ocorrem principalmente associados às proteínas para servir como pigmentos acessórios na fotossíntese, como pigmentos fotoprotetores e estabilizadores de membrana (Havaux, 1998; Hurst, 2002; Pott et al., 2003). Também são encontrados em cromoplastos depositados em

forma cristalina ou gotículas oleosas nos frutos (Sies, 1995; Vishnevetsky et al., 1999).

Em um determinado alimento, a composição de carotenoides é influenciada pela cultivar / variedade, maturidade no momento da colheita, clima / tempo / localização geográfica da produção, parte da planta utilizada, práticas de cultivo, colheita e pós-colheita, manipulação, processamento e pelas condições de armazenamento (Rodriguez-Amaya, 2008).

Em vegetais mais escuros há indícios de uma alta quantidade de cloroplastos, e, portanto alta concentração de carotenoides. Em vegetais como alface e repolho, que consistem em folhas embaladas, o verde mais escuro e, conseqüentemente, a maior concentração de carotenoides é nas folhas externas. As folhas do interior, que não são expostas à luz, geralmente são mais claras ou até esbranquiçadas, havendo pouco teor de carotenoides. Ou quando amarelos, têm uma composição de carotenoides diferente, geralmente tendo pouca ou nenhuma quantidade de carotenos e uma composição de xantofilas alterada (Britton and Khachik, 2009).

Os carotenoides são pigmentos naturais amplamente distribuídos na natureza, cuja coloração varia do amarelo ao vermelho intenso. São encontrados em frutas, vegetais, bactérias, fungos e algas, os quais têm a capacidade de sintetizar esses compostos (Stahl and Sies, 2003). As maiores fontes de carotenoides são as plantas, onde estes são responsáveis por conferir as cores características das frutas, como morango, laranja e maracujá. Além disso, podem ser responsabilizados pelas cores em algumas aves como o flamingo e o canário, e em alguns insetos e animais marinhos como camarão, lagosta e salmão Uenojo et al. (2007), além de fornecer pigmentação para flores e frutos para atrair animais para realizar a polinização e dispersão de sementes (Gross, 1987, 1991). Além disso, a atividade antioxidante natural dos carotenoides pode complementar a característica funcional de manutenção do frescor e vida de prateleira dos produtos alimentares, e assim sendo uma alternativa natural para os antioxidantes sintéticos (Shahidi, 2000).

São encontradas na natureza duas classes de carotenoides: os carotenos e as xantofilas. Os primeiros, tais como o β -caroteno, são

hidrocarbonetos lineares que podem ser ciclizados em uma ou ambas as extremidades da molécula, por sua vez as xantofilas são os derivados oxigenados sendo representados pela luteína, violaxantina, neoxantina, zeaxantina entre outros (Valduga et al., 2009). Alguns carotenoides possuem atividade pró-vitáminica A (β -caroteno, α -caroteno, α -criptoxantina e β -criptoxantina) e outros, como a luteína e a zeaxantina, carotenoides de pigmentação amarela, são ativos contra a degeneração macular relacionada à idade (DMRI) e a catarata, mas sem atividade pró-vitáminica A. Tal proteção ocorre devido a sua atividade antioxidante, pois as ligações duplas conjugadas que ambos possuem, são varredores de radicais livres e supressores de oxigênio singlete (Faulks and Southon, 1997; Gama and de Sylos, 2007; Arscott and Tanumihardjo, 2010; Britton, 1995).

Numerosos estudos epidemiológicos sugerem que o consumo de carotenoides está associado com um risco menor para vários tipos de doenças degenerativas em seres humanos (Schünemann et al., 2002). Os carotenoides podem proteger os seres humanos contra certos tipos de câncer, como os de mama e pulmão De Stefani et al. (1999); Reddy et al. (2003); Tavani et al., (1999) doenças cardiovasculares Halliwell (2000) e outras doenças associadas com o envelhecimento Michaud et al., (2000); Slattery et al., (2000), bem como um aumento da resistência a infecções virais, bacterianas, fúngicas e parasitárias (Gouveia and Empis, 2003).

Existem evidências de que estes compostos têm o potencial de aumentar a densidade de pigmento macular. Sabe-se que os pigmentos são responsáveis pela filtragem e absorção da luz azul, e com isso reduzem em 40 % a incidência de luz danosa à mácula do olho, região localizada no centro da retina que é responsável pela visão nítida das imagens. Tal filtragem da luz atenua o estresse oxidativo e protege conseqüentemente a retina (Nachtigall et al., 2007; Torres et al., 2008).

O efeito protetor dos carotenoides, no desenvolvimento de doenças cardíacas, está associado à redução da oxidação do LDL, do estresse oxidativo e da formação de plaquetas. No sangue, as maiores portadoras de luteína e zeaxantina são as lipoproteínas de alta densidade (HDL), enquanto os

carotenos são preferencialmente carregados pelas lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (Yemelyanov et al., 2001). Os carotenoides são uma família de compostos de mais de 600 pigmentos vegetais lipossolúveis, porém desses 600, apenas 40 são regularmente consumidos na dieta humana e aproximadamente 20 estão presentes no plasma sanguíneo e nos tecidos, sendo os presentes em quantidades significativas: β -caroteno, α -caroteno, luteína, licopeno, zeaxantina e criptoxantina Faulks and Southon, (1997); Medeiros et al., (2011) que podem ser observados abaixo na Figura 2.

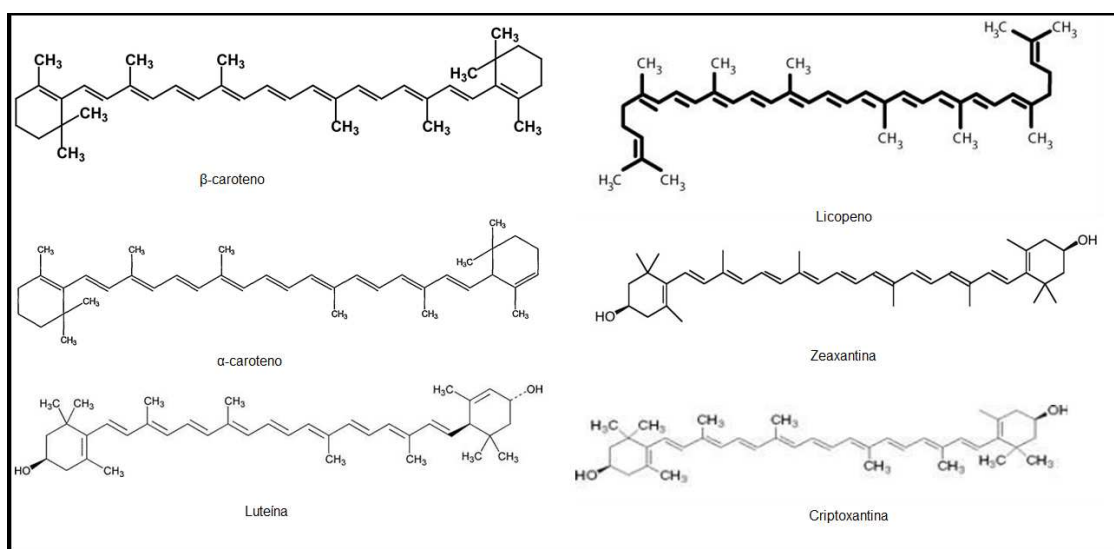


Figura 2: Moléculas de carotenoides

Nos alimentos o β -caroteno ocorre principalmente na configuração *all-trans*; no entanto há relatos de que os isômeros na forma *cis* também estão naturalmente presentes em tecidos que contém clorofila (Schieber e Carle, 2005). A exposição a altas temperaturas, muitas vezes, pode levar a isomerização *trans* para *cis* do β -caroteno Bernhardt e Schlich, (2006), o que pode afetar a função biológica e a biodisponibilidade deste carotenoide (Aman et al., 2005; Guo et al., 2008; Schieber and Carle, 2005). Esta alteração físico-química na molécula pode influenciar em sua geometria e em sua absorção no organismo humano (Faulks and Southon, 2005). Recentemente, estudou-se que os isômeros na forma *cis* podem ter um importante papel na prevenção da aterosclerose (Harari et al., 2008).

No estudo de O'Sullivan et al., (2010), concluiu-se que brócolis e couve continham mais isômeros *cis* de β -caroteno, enquanto que espinafre e repolho

tiveram maiores níveis de *all-trans* β -caroteno. A isomerização de β -caroteno ocorreu apenas em dois dos produtos testados, o que sugere que a matriz alimentar pode desempenhar um papel importante nos efeitos de cozimento quanto à isomerização e biodisponibilidade de carotenoides.

A luteína, um pigmento vegetal que está entre os mais bem conhecidos carotenoides, é também um dos mais amplamente distribuídos em frutas e vegetais consumidos (O'Neill et al., 2001; Vaquero, 2002). Alimentos ricos em luteína e zeaxantina incluem gema de ovo, milho, suco de laranja, pimenta, legumes verdes escuros como couve, espinafre, nabo, ervilhas e brócolis (Hart e Scott, 1995); Semba and Dagnelie, (2003) e frutas (pera, pêssegos, laranja) (Thane and Reddy, 1997). Entre os principais benefícios associados à luteína, além de prevenir a DMRI, destacam-se a prevenção da aterosclerose, da catarata (Cooper et al., 1999), do câncer de cólon e de outras patologias (Alves-Rodrigues e Shao, 2004; Brown et al., 1999; Chasan-Taber et al., 1999; Dagnelie et al., 2000; Deli et al., 2004; Sumantran et al., 2000). Devido ao papel protetor da luteína e da zeaxantina, estes pigmentos foram adicionados à lista de nutrientes potencialmente benéficos para DMRI e catarata (Wisniewska e Subczynski, 2006). Os seres humanos não podem sintetizar luteína ou zeaxantina, portanto, a dieta é a única fonte de absorção desses compostos (Landrum and Bone, 2001).

A luteína e a zeaxantina diferem dos outros carotenoides, pelo fato de terem dois grupos hidroxila, um em cada lado da molécula (Clevence e Bieri, 1993), sendo xantofilas resultantes do processo de hidroxilação de α -caroteno e β -caroteno, respectivamente (Silva et al., 2010).

Luteína e β -caroteno são os carotenoides dominantes em vegetais crucíferos. Estudos mostram que a maior quantidade de luteína + zeaxantina foi obtida em couve (entre 3,04 e 39,55 mg/100 g). A quantidade destas xantofilas foi moderadamente alta (entre 0,78 e 3,50 mg/100 g) em brócolis e couve de Bruxelas. Além de luteína e *trans*- β -caroteno, *cis*- β -caroteno foi relatado na couve de Bruxelas, brócolis e repolho verde (Hart and Scott, 1995; Müller, 1997).

A correlação entre altos níveis de carotenoides e benefícios à saúde apareceu na literatura na década de 70 e como consequência, a população foi encorajada a consumir ao menos cinco porções de frutas e hortaliças diariamente, em função da atividade antioxidante destes alimentos.

Entretanto, durante o processamento dos alimentos o conteúdo de luteína e zeaxantina podem ser significativamente reduzidos, provocando um decréscimo de sua biodisponibilidade, o que tem induzido o seu uso como suplemento alimentar (Stringheta et al., 2006). Além disso a luteína pode ser empregada na indústria de alimentos funcionais, para enriquecimento de produtos de frutas, bebidas lácteas, cereais, biscoitos, molhos e sopas, e também como corante natural, sendo utilizada para colorir alimentos como óleos comestíveis, margarina, maionese, mostarda, molhos de salada, iogurte, bolos, sorvete e produtos lácteos (Alves-Rodrigues e Shao, 2004).

Vegetais de folhas verdes vêm sendo bastante estudados devido à presença de fitoquímicos biologicamente ativos, incluindo os carotenoides luteína e β -caroteno, ambos com capacidade de prevenir doenças crônicas humanas (Krinsky and Johnson, 2005; Tapiero et al., 2004).

A biodisponibilidade é definida como a fração metabólica de um nutriente que está disponível para a absorção no intestino (Jackson, 1997). A biodisponibilidade de compostos lipofílicos, como por exemplo, os carotenoides, principalmente em frutas e legumes geralmente é baixo, além de ser limitado por diversos fatores, tais como o grau de processamento do alimento e a composição da matriz alimentícia. Em muitos casos, a informação publicada sobre a biodisponibilidade de carotenoides é obtida através da determinação da quantidade desse composto bioativo pela sua quantidade no plasma, após a ingestão de algum alimento ou suplemento em dose única, ou ao longo de um determinado período de tempo. Assim, a biodisponibilidade é estimada uma vez que a dose total tem sido administrada, e a quantidade de carotenoides acumulada é conhecida no plasma sanguíneo (Fernández-García et al., 2012).

A biodisponibilidade de fitoquímicos é influenciada pela matriz e pela microestrutura dos alimentos e pelas condições de armazenamento e

processamento térmico a que são submetidos (Parada and Aguilera, 2007). O processamento de alimentos tem efeitos positivos e negativos sobre o nível de carotenoides dos alimentos, mas geralmente o tratamento térmico é benéfico, já que a perturbação da matriz facilita sua liberação e solubilização (Vaquero, 2002; Mayer-Miebach e Spieß, 2003).

A estrutura celular dos vegetais influencia na estabilidade dos compostos bioativos, como pode ser observada por Kopas-Lane e Warthesen, (1995) que verificaram que os carotenoides em cenouras se mantiveram estáveis após o processamento, enquanto que Lešková et al., (2006) constataram menor estabilidade em espinafre após o processamento. Hussein and el-Tohamy, (1990) e Van Zeben and Hendriks, (1947) demonstraram que a moagem fina de alimentos pode aumentar a biodisponibilidade de carotenos, já que interrompe ou amolece as paredes das células vegetais e perturba os complexos de proteína-carotenoide. No estudo de Castenmiller et al., (1999) verificou-se que a biodisponibilidade de β -caroteno em folhas de espinafre picado foi maior do que a partir de folhas de espinafre inteiro. Aman et al., (2005) e Shi e Le Maguer, (2000) também constataram que o processamento de alimentos, bem como o aquecimento e a exposição à luz facilita a isomerização *cis-trans* dos carotenoides, alterando assim sua biodisponibilidade. Quando as frutas e vegetais são cortados, picados, desfiados ou despolpados, aumenta-se a exposição ao oxigênio, o que pode remover as barreiras físicas que normalmente mantêm, além dos carotenoides, as enzimas oxidantes, como por exemplo, a lipoxigenase. O conhecimento das propriedades dos carotenoides sugere que quando os alimentos são armazenados ou cozidos, as maiores perdas são causadas pela exposição prolongada ao ar, luz intensa, altas temperaturas ou meios ácidos, por oxidação enzimática ou não enzimática e por isomerização geométrica, rearranjo ou outras reações (Britton and Khachik, 2009).

A redução dos níveis vitamínicos em vegetais durante o processamento térmico pode variar dependendo do método e do tipo de alimento utilizado (Lešková et al., 2006). Bergquist et al., (2006) relataram que o armazenamento pós-colheita pode influenciar a qualidade nutricional dos vegetais e demonstraram que a temperatura de armazenamento tem papel essencial na

preservação das moléculas de compostos bioativos; mostraram também que os carotenoides são mais estáveis que as clorofilas em relação à oxidação pelo tratamento térmico.

Uma vez que os carotenoides são hidrofóbicos, sua absorção não depende somente da liberação a partir da matriz alimentícia, mas também da subsequente solubilização de ácidos biliares e enzimas digestivas, culminando em sua incorporação às micelas (Parada and Aguilera, 2007). Em geral, a liberação de carotenoides em produtos vegetais ocorre somente quando as células da matriz alimentícia são interrompidas, como geralmente ocorre durante a preparação dos alimentos, ou processamento e mastigação, mas não durante a digestão, pelo menos do organismo humano (van het Hof et al., 2000a; van het Hof et al., 1999; van het Hof et al., 2000b). Portanto, a biodisponibilidade dos carotenoides pode ser melhorada de duas formas: a extração dos carotenoides a partir da matriz alimentícia para uma fase lipofílica Stahl e Sies, (1992) e pela ruptura mecânica das células (Gärtner et al., 1997).

2.3. Sustentabilidade e aproveitamento de resíduos

Atributos de saudabilidade dos produtos se tornam cada vez mais importantes, uma vez que está ocorrendo uma conscientização do consumidor quanto ao bem estar, à manutenção de uma dieta equilibrada e à prevenção de doenças a partir do consumo de alimentos saudáveis. (Ragaert, 2004; Wandel, 2007).

O tema da sustentabilidade é vivido de forma diferenciada em cada um dos segmentos industriais. Entretanto, alguns elementos são comuns: a constante busca da completa eficiência no uso de recursos e a necessidade de aumentar a competitividade industrial estão na pauta de todas as áreas. Incentivos à inovação e ao desenvolvimento científico e tecnológico são estratégicos para a transição a modelos mais sustentáveis de produção, em que as projeções de crescimento populacional e de aumento no padrão de consumo de alimentos, sobretudo nos países em desenvolvimento, elevam

ainda mais a importância das melhores práticas sociais e ambientais na produção de comida e bebida para todos (CNI, 2012).

Em toda cadeia produtiva de alimentos de origem vegetal, ocorrem perdas significativas devido a inúmeros fatores, tais como o amadurecimento, colheita tardia, excesso de chuva, seca, formas inadequadas de armazenamento, falta de planejamento e a não utilização integral dos vegetais. Dentre as várias alternativas já existentes para evitar desperdício, destaca-se o aproveitamento de partes usualmente não consumíveis em bolos, geleias, doces, pães entre outros. Essas alternativas de aproveitamento são importantes, pois as partes consideradas usualmente não consumíveis também apresentam valor nutricional relevante. Deste modo, a preocupação com este desperdício é essencial, pois um grande volume de alimento considerado perdido e não aproveitado, pode ser usado para alimentar milhões de pessoas que não tem acesso a uma alimentação saudável (Damiani et al., 2011).

Os resíduos de frutas e hortaliças são, geralmente, desprezados pela indústria e poderiam ser utilizados como fontes alternativas de nutrientes, com o objetivo de aumentar o valor nutritivo da dieta de populações carentes, bem como solucionar deficiências dietéticas do excesso alimentar. Além dessa contribuição, sabe-se que várias folhas vegetais, geralmente não incluídas na dieta, são consideradas excelentes fontes de fibras (Pereira, 2003).

2.4. Mercado de massas

A Kantar World Panel, a pedido da Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias e Pão & Bolo Industrializado (ABIMA), analisou o comportamento de consumo de massas em aproximadamente oito mil residências brasileiras no ano de 2013. As conclusões foram que 62 % do consumo de massa instantânea é feito por famílias com crianças de até doze anos de idade, o que está associado à praticidade de preparo do produto, e o maior consumo deste tipo de massa ocorre principalmente na região Sul do país e na região metropolitana do Rio de Janeiro. No que se refere à massa seca, a pesquisa apontou que 32 % dos consumidores são donas de casa com mais de 50 anos. Além disso, as vendas deste tipo estão concentradas no norte e nordeste do país e 40 % delas são feitas pelas classes D/E,

principalmente pelos compradores que priorizam a relação custo x benefício do produto. Já a massa fresca é a preferida pelos lares sem crianças principalmente das regiões Sul e Centro-Oeste, que são responsáveis por metade do consumo. Destes consumidores, 36 % pertencem às classes A e B, entretanto, as vendas entre as classes D e E também estão aumentando, como reflexo do aumento do poder aquisitivo da população brasileira (ABIMA, 2013).

O Brasil tem um papel de destaque no cenário mundial, ocupando a posição de terceiro maior produtor de massas alimentícias, atrás apenas da Itália e dos Estados Unidos, com um volume anual de mais de 1 milhão de toneladas. O mercado brasileiro das massas alimentícias registrou um crescimento de 3,5 % no faturamento de 2011 com relação a 2010, atingindo R\$ 6,1 bilhões. Este crescimento foi impulsionado principalmente pelas categorias de massas instantâneas (5,9 %) e frescas (18,2 %), com faturamentos de R\$ 1,8 bilhão e R\$ 539 milhões, respectivamente. Este crescimento está relacionado com o aumento do poder aquisitivo da população, que começou a consumir alimentos de preparo rápido e com maior valor agregado (Abima, 2012).

Segundo a ABIMA o volume de vendas de massa fresca, em milhões de reais, de 2008 a 2012 teve crescimento de 47 % e o consumo per capita aumentou 50 %. Já o volume de vendas de massas alimentícias cresceu, neste mesmo período, 10,2 % mas o consumo per capita, reduziu em 6,1 % (Abima, 2012).

A Tabela 1 apresenta os dados do cenário mundial de produção de massas alimentícias.

País	Produção (t) em 2011
Itália	3 316 728
Estados Unidos	2 000 000
Brasil	1 300 000
Rússia	1 083 000

Turquia	851 830
Irã	560 000
Egito	400 000
Venezuela	341 554
Alemanha	334 179
México	330 000

Tabela 1: Produção mundial de massas alimentícias segundo o IPO Annual Survey on World Pasta Industry (Organization, 2011).

Um estudo recente realizado nos EUA conduzido pelo National Pasta Association indicou que o consumo mundial per capita tem aumentado nos últimos anos. As razões apontadas pelos consumidores são que é um alimento saudável, de fácil armazenamento em casa e de preparo fácil e rápido (Kill, 2001).

Os dados do cenário mundial de consumo no ano de 2011 de massas estão apresentados na Tabela 2.

País	Consumo em 2011 (t)
Estados Unidos	2 700 000
Itália	1 540 846
Brasil	1 195 000
Rússia	1 128 188
Alemanha	650 000
França	513 008
Turquia	448 309
Irã	360 000
Venezuela	350 213
Argentina	321 225

Tabela 2: Consumo mundial de massas alimentícias segundo o IPO Annual Survey on World Pasta Industry (Organization, 2011)

2.5. Massas alimentícias

2.5.1. Aspectos gerais

As massas alimentícias estão definitivamente incorporadas ao cardápio do brasileiro, servindo como prato principal ou complemento, em muitas combinações, com alto índice de aceitação Menegassi e Leonel, (2006) devido a sua conveniência, qualidade nutricional, palatabilidade agradável Cubadda, (2007), baixo custo e considerável vida de prateleira (Bergman, 1994). A Organização Mundial da (OMS) e a Food and Drug Administration (FDA) consideram as massas alimentícias um bom produto para adição de nutrientes.

Macarrão é um dos alimentos mais consumidos no mundo e o cereal mais apropriado para produção massas de alta qualidade é o trigo duro (*Triticum durum*) (Kruger, 1996). Na maioria das vezes, as massas frescas comerciais são feitas a partir de trigo duro, ovo pasteurizado e água. Enquanto as massas secas contêm 11,5 % de umidade, as massas frescas contêm em torno de 35 % lametti et al., (1999), o que as torna altamente perecível (Brennan et al., 2004).

As massas que contém farinha de trigo, centeio e aveia são contra indicadas para pessoas com alergia ao glúten (doença celíaca) e podem ser substituídas por aquelas que são feitas com farinha de arroz ou outros cereais (Gil, 2005).

As massas têm um elevado teor de carboidratos Giese, (1992) e a sua principal função na dieta humana é fornecer energia. São favorecidas por sua digestibilidade mais lenta e conseqüentemente, menor efeito sobre as taxas de glicose no sangue (Foster-Powell K, 2002). O baixo índice glicêmico das massas é atribuído à sua estrutura compacta criada durante o processo de extrusão Barkeling et al., (1995); Björck et al., (1994) levando à formação de uma densa rede de proteínas que reduz a disponibilidade dos grânulos de amido.

A cor em massas alimentícias é um atributo de grande importância, pois influencia na percepção da qualidade e da sensorialidade do produto, sendo um dos grandes desafios no processamento garantir a preservação e estabilidade da mesma durante o cozimento e armazenamento Clydesdale, (1993); Ihl et al., (1998), visto que a cor do produto final sofre influência das

propriedades da farinha de trigo / semolina utilizada (origem genética, conteúdo de carotenoides e grau de moagem) (Borrelli et al., 2008).

2.5.2. Legislação

Em diversos países, como Itália, Grécia e França, as massas alimentícias devem ser produzidas exclusivamente a partir de trigo duro e a utilização de outros cereais é considerada fraude. Na Itália, a massa fresca pode ser produzida com farinha de trigo ou com mistura de semolina. Outros países, como Espanha, Estados Unidos, Canadá e Austrália, tradicionalmente consomem massas produzidas apenas com trigo duro por não ter legislação específica. As principais características do trigo duro incluem sua dureza, cor amarela intensa e sabor característico e sua utilização resulta em produtos de alta qualidade culinária e estabilidade durante a cocção (Sissons, 2004).

De acordo com a legislação brasileira, massas alimentícias são os produtos obtidos da farinha de trigo (*Triticum aestivum L.* e ou de outras espécies do gênero *Triticum*), derivados de trigo duro (*Triticum durum L.*), e derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação. Podem ser adicionados outros ingredientes, acompanhados de complementos isolados ou misturados à massa, desde que não descaracterizem o produto. Os produtos podem ser apresentados secos, frescos, pré-cozidos, instantâneos ou prontos para o consumo, em diferentes formatos e recheios (ANVISA, 2005).

Segundo a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) as massas alimentícias são classificadas de acordo com seu teor de umidade podendo ser fresca (com umidade em torno de 35 %) ou seca (com umidade em torno de 11,5 %), seu formato longo (talharim e espaguete), curto (concha e ave-maria) ou massinha (alfabeto, chumbinho e estrelinha), sua composição mista (mistura de farinha de trigo com outras farinhas), recheada com recheios preparados com diferentes substâncias alimentícias aprovadas ou massas glutinadas em que a farinha de trigo é adicionada de glúten. E os padrões microbiológicos a serem controlados são: ausência de Salmonelas em 25g,

máximo de 10/g de bactérias do grupo coliforme de origem fecal, máximo de 2 x 10/g de Clostrídios sulfito redutores e máximo de 10³/g de bolores e leveduras.

2.5.3. Qualidade de cozimento

A estrutura da massa cozida é geralmente descrita como uma matriz com grânulos de amido presos à rede formada pelas proteínas do glúten Cunin et al., (1995); Resmini e Pagani, (1983) que é responsável pelas propriedades sensoriais e nutricionais peculiares das massas e relacionam-se com a formação das características de partida e para vários passos do processo tecnológico (Scanlon, 2005).

A qualidade da massa cozida pode ser expressa em termos de viscosidade, firmeza e a tolerância ao cozimento, bem como pela absorção de água, aumento de volume, quantidade de perdas de sólidos na água de cocção e suscetibilidade à quebra (Manser, 1981). O peso da massa indica a absorção de água e corresponde a um evento de modificação molecular macroscópica complexa de amido e proteínas (Del Nobile and Massera, 2000). A perda de sólidos na cocção depende da quantidade de amido gelatinizado (Resmini and Pagani, 1983) sendo um indicador de desempenho global de cozedura (Dexter et al., 1983).

De acordo com o estudo de Nouviaire et al., (2008), as massas frescas passam por modificações físicas que resultam em melhor absorção de água, influenciando no tempo de cozimento e na qualidade da cor.

Em massas onde ocorre a substituição da proteína de trigo por proteína de leguminosas, podem haver maiores perdas de sólidos durante o cozimento em função da alteração da rede proteica (Torres et al., 2007).

Pelo motivo de as massas frescas não serem submetidas à secagem (que provoca a transformação de amido e coagulação de proteínas) o tempo de cozimento é mais rápido, e por isso os processos de inchamento e

gelatinização do amido podem ser mais importantes do que o processo de coagulação das proteínas (Zardetto e Rosa, 2009).

Quando a coagulação é induzida pelo calor, a rede de proteínas solvatadas prevalece e o amido é retido dentro da rede proteica e a massa cozida será firme sem aderência na superfície, mas o contrário ocorre quando a rede de proteínas não é forte e elástica o suficiente, fazendo o amido inchar e gelatinizar antes da coagulação das proteínas (Resmini e Pagani, 1983). Tanto as interações e transformações do amido e das proteínas são controladas pela temperatura e penetração de água no interior da estrutura da massa durante o cozimento (Bonomi et al., 2004).

É permitido o uso de corantes naturais em todas as massas alimentícias, na quantidade necessária para se obter o efeito desejado, além de vegetais desidratados em pó, como espinafre, cenoura e beterraba (Guerreiro, 2008).

2.6. Ingredientes

A massa fresca é composta pelos seguintes ingredientes: farinha de trigo, ovos, água e sal.

2.6.1. Farinha de trigo

O trigo é uma gramínea da família Poaceae, subfamília Poideae, tribo Triticeae e gênero *Triticum*. Atualmente, existem três espécies de trigo que são principalmente cultivadas e utilizadas na alimentação: *Triticum aestivum*, *Triticum durum* e *Triticum compactum*. A composição centesimal desse cereal é composta de aproximadamente 11 % de umidade, 69 % de carboidratos, 13 % de proteínas, 2 % de lipídeos e 3 % de fibras (Koblitz, 2011). As propriedades antioxidantes do trigo se dividem em: fitoquímicos polares, sendo principalmente compostos fenólicos Beta,(2005); Zielinski, (2000), e fitoquímicos apolares, principalmente carotenoides (Adom et al., 2003; Hentschel, 2002).

O trigo é único em sua capacidade de produzir uma gama diversificada de produtos alimentares Abdel-Aal e Hucl, (2002) sendo uma das principais culturas plantadas no mundo já que é um cereal importante na dieta humana, particularmente em países em desenvolvimento (Marconi, 2001).

A grande utilização deste cereal está na extração da farinha, considerada a de maior importância, por sua capacidade de formar massa, relacionada com a presença das proteínas formadoras do glúten – a gliadina e a glutenina - que formam uma rede viscoelástica capaz de se esticar até dez vezes o seu tamanho Koblitz, (2011), rede que pode ser avaliada graças ao desenvolvimento de análises químicas, físicas e reológicas que possibilitam estimar o potencial tecnológico das farinhas (Pizzinatto e Ormenese, 2000).

Tratamentos térmicos, como por exemplo, o cozimento, podem causar mudanças drásticas nas estruturas de dissulfeto do glúten Schofield, (1983); Weegels, (1994), bem como nas interações hidrofóbicas não covalentes entre proteínas do glúten. O número e a posição dos grupos sulfídricos e as ligações dissulfeto, assim como as propriedades de superfície e interações não covalentes de proteínas do glúten Bonomi et al., (2003); Rondanini, (2000), são de grande importância para o correto desempenho funcional do trigo (Pomeranz, 1988; Schofield, 1994).

Conforme Zweifel, (2000), a formação de uma firme rede de proteínas melhora a incorporação de grânulos de amido na superfície, resultando uma estrutura mais forte. Porém estes estudos foram realizados em massas secas e existem poucos trabalhos publicados sobre a aplicação do tratamento hidrotérmico em massas frescas.

O glúten é formado pela fração insolúvel das proteínas do trigo: gliadina e glutenina. A capacidade das proteínas formadoras do glúten se agregarem em uma rede viscoelástica está relacionada com sua estrutura tridimensional. As gliadinas são proteínas globulares que tendem a formar estruturas fibrilares de modo a participar da rede de glúten. A elasticidade da massa é dada, muito provavelmente, pela capacidade das gluteninas de se desdobrarem e esticarem (Koblitz, 2011).

Gliadinas hidratadas possuem pouca elasticidade e são menos coesas do que as gluteninas, contribuindo para a viscosidade e extensibilidade da

massa. Em contraste, as gluteninas hidratadas possuem alta coesão e elasticidade, sendo responsáveis pela força da massa (Wieser, 2007).

De acordo com Pizzinatto e Magno, (1994), as características desejáveis em farinhas ou semolinas para a produção de massa fresca são:

- Ser obtida de trigo são, limpo, de boa qualidade e devidamente processado;
- Ter baixa atividade de α -amilase;
- Ter granulometria uniforme;
- Apresentar umidade preferencialmente abaixo de 14 %;
- Ter em torno de 12 % a 14 % de proteínas;
- Ter glúten forte;
- Apresentar baixo teor de cinzas;
- Estar livre de partículas de germe e farelo de trigo.

2.6.2. Água

A água é bem conhecida como um componente crítico na fabricação de alimentos, uma vez que desempenha um papel fundamental, não só nas diferentes operações do processamento de alimentos, mas também na definição da qualidade e estabilidade dos alimentos prontos Carini et al., (2013), podendo interagir através de ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas que pode afetar sua conformação, mobilidade, plasticidade e funcionalidade (Carini et al., 2009).

A água deve ser potável e se possível com baixo teor de sais minerais, os quais interagem com o glúten influenciando a textura da massa (Guerreiro, 2008).

2.6.3. Ovo

Os ovos, em massas alimentícias, melhoram o conteúdo nutricional, bem como as propriedades físicas e organolépticas tais como, cor, sabor, textura e aroma, lametti et al., (1999) resultando em um maior preço de mercado em

comparação às massas sem ovos em sua composição, além de facilitar a extrusão Cizkova et al., (2004), e reduzir a liberação de sedimentos na água de cocção (Guerreiro, 2008).

Conforme descrito por lametti et al., (1999), a clara de ovo possui grande uso nas preparações alimentares, principalmente por suas propriedades funcionais, como por exemplo a geleificação, que é a capacidade de formar emulsão e espuma.

A contribuição nutricional do ovo se dá principalmente pelo fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais, e serve também como agente corante e de sabor e aroma, originando produtos com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, além de maior volume (Pizzinatto, 2000). A albumina do ovo também tem influência positiva sobre a proteína da farinha, auxiliando na formação da rede proteica e melhorando o envolvimento do amido nessa rede (Guerreiro, 2008).

Em massas que se utilizam ovos frescos em sua composição, o efeito de texturização e desnaturação térmica da proteína do ovo deve ser considerado, uma vez que ocorrem interações entre as proteínas da farinha e do ovo, que possuem sensibilidades diferentes aos tratamentos térmicos (lametti et al., 1999; lametti, 1998).

Alamprese et al., (2005b) estudaram a influência da pasteurização de ovos e tratamento térmico de massas frescas com ovos na rede de proteínas. Os autores descobriram que a pasteurização industrial de ovos em massas não afeta a reologia e as características funcionais da massa, mas afeta profundamente suas características estruturais. Em outro estudo, Alamprese et al., (2005a) constataram uma grande variação na reologia e características funcionais de massas frescas com ovos, atribuída à diferença de intensidade de calor dos tratamentos realizados durante o processo produtivo.

O ovo pode ser encontrado e utilizado nas seguintes formas: ovo em pó, gema em pó, clara em pó, ovo líquido, gema líquida e clara líquida.

2.6.4. Sal

O sal é um ingrediente utilizado apenas para a elaboração de massas frescas, exercendo neste tipo de produto duas funções: a primeira e mais importante, de fortalecer a rede de glúten, e a segunda de conferir o gosto salgado ao produto (SBRT, 2013).

2.7. Fabricação do macarrão fresco

A preparação se inicia com a verificação de todos os ingredientes, e a limpeza da farinha por ordens técnicas e higiênicas. Em seguida se realiza a mistura, quando os ingredientes secos são misturados por alguns minutos e em seguida são adicionados os ingredientes líquidos (Leitão et al., 1990).

Após, ocorre o amassamento, onde as proteínas irão absorver água suficiente para interagirem e formarem a rede de glúten, criando elasticidade e resistência na massa (Guerreiro, 2008).

Na maioria dos processos, as etapas de mistura, amassamento e moldagem ocorrem em um único equipamento, chamado de extrusor. As matérias-primas são inicialmente misturadas e em seguida entram no cilindro do extrusor, onde a massa será formada e moldada. A massa é então transportada através de sistema rosca sem fim, que conduz o material ao longo de um cilindro, em que na saída está a trafiladora ou matriz, que é confeccionada em bronze ou cobre e que pode ter orifícios de variadas configurações (Guerreiro, 2008).

O corte ocorre no tamanho estipulado pelo fabricante através de facas rotativas, que percorrem a superfície da matriz e vão cortando o produto que está saindo (Guerreiro, 2008).

Finalmente, na etapa de embalagem a massa fresca deve ficar exposta ao ambiente por alguns minutos para impedir a aderência dos pedaços da massa antes de ser embalada e armazenada em local refrigerado para sua melhor conservação (Guerreiro, 2008).

2.8. Referências

- Abdel-Aal, E. S. M., and P. Hucl, 2002, Amino Acid Composition and In Vitro Protein Digestibility of Selected Ancient Wheats and their End Products: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 15, p. 737-747.
- Abdelaal, E. S. F., 2001, Bleaching and Fractionation of Dietary Fiber and Protein from Wheat-Based Stillage: *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, v. 34, p. 159-167.
- ABIMA, 2013, Kantar World Panel mostra quem são os consumidores de massas no Brasil.
- ABIMA, A. B. d. I. d. M. A.-. 2012, Estatísticas de mercado e consumo.
- Adom, K. K., M. E. Sorrells, and R. H. Liu, 2003, Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties: *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 51, p. 7825-34.
- Agócs, A., and J. Deli, 2011, Pigments in your food: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 757-759.
- Alamprese, C., E. Casiraghi, L. Primavesi, Rossi, and A. Hidalgo Vidal, 2005a, Functional and rheological characteristics of fresh egg pasta: *Italian journal of food science*, v. 17, p. 3 - 15.
- Alamprese, C., S. Iametti, M. Rossi, and D. Bergonzi, 2005b, Role of pasteurisation heat treatments on rheological and protein structural characteristics of fresh egg pasta: *European Food Research and Technology*, v. 221, p. 759-767.
- Alves-Rodrigues, A., and A. Shao, 2004, The science behind lutein: *Toxicology Letters*, v. 150, p. 57-83.
- Aman, R., A. Schieber, and R. Carle, 2005, Effects of Heating and Illumination on Trans–Cis Isomerization and Degradation of β -Carotene and Lutein in Isolated Spinach Chloroplasts: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 9512-9518.
- Anderson, J. W., and T. J. Hanna, 1999, Whole grains and protection against coronary heart disease: what are the active components and mechanisms?: *The American journal of clinical nutrition*, v. 70, p. 307-8.
- Andlauer, W. F. P., 1998, Antioxidative Power of Phytochemicals with Special Reference to Cereals: *CEREAL FOODS WORLD*, v. 43, p. 356-360.
- ANVISA, A. N. d. V. S.-. 2005, Resolução RDC nº263 de 22 de setembro de 2005 - Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.
- Arcscott, S. A., and S. A. Tanumihardjo, 2010, Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 223-239.
- BAREA, J. L., and C. O. REINEHR, 2006, Perda da cor verde do brócolis minimamente processado durante o armazenamento, CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, Passo Fundo - Rio Grande do Sul, UPF.
- Barkeling, B., Y. Granfelt, I. Björck, and S. Rössner, 1995, Effects of carbohydrates in the form of pasta and bread on food intake and satiety in man: *Nutrition Research*, v. 15, p. 467-476.
- BBC, 2013, Pesquisadores britânicos acreditam que o brócolis pode reduzir o avanço da artrose.
- Bergman, C. J. G. D. G. W. C. W., 1994, Development of a High-Temperature-Dried Soft Wheat Pasta Supplemented with Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Cooking Quality, Color, and Sensory Evaluation: *CEREAL CHEMISTRY*, v. 71, p. 523.
- Bergquist, S. Å., U. E. Gertsson, and M. E. Olsson, 2006, Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, p. 346-355.

- Bernhardt, S., and E. Schlich, 2006, Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables: *Journal of Food Engineering*, v. 77, p. 327-333.
- Beta, T. N. S. D. J. E. S. H. D., 2005, Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Fractions: *CEREAL CHEMISTRY*, v. 82, p. 390-393.
- Björck, I., Y. Granfeldt, H. Liljeberg, J. Tovar, and N. G. Asp, 1994, Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates: *The American journal of clinical nutrition*, v. 59.
- Bonomi, F., S. Iametti, M. Mariotti, M. A. Pagani, and M. G. D'Egidio, 2003, A novel approach to define inter-protein relationships in semolina and in pasta, *Proceedings of the Tenth International Wheat Genetics Symposium: Roma, Istituto sperimentale per la cerealicoltura*, p. 1313 - 1315.
- Bonomi, F., G. Mora, M. A. Pagani, and S. Iametti, 2004, Probing structural features of water-insoluble proteins by front-face fluorescence: *Analytical Biochemistry*, v. 329, p. 104-111.
- Borneo, R., and A. Aguirre, 2008, Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour: *LWT - Food Science and Technology*, v. 41, p. 1748-1751.
- Borrelli, G. M., A. M. De Leonardis, C. Platani, and A. Troccoli, 2008, Distribution along durum wheat kernel of the components involved in semolina colour: *Journal of Cereal Science*, v. 48, p. 494-502.
- Borrelli, G. M. L. A. M. D. F. C. P. C. F. N. D., 2003, Effects of Modified Processing Conditions on Oxidative Properties of Semolina Dough and Pasta: *Cereal chemistry.*, v. 80, p. 225.
- Borwankar, R. P., 1992, Food texture and rheology: A tutorial review: *Journal of Food Engineering Journal of Food Engineering*, v. 16, p. 1-16.
- Boyd, W., 1998, Ingredients Update: What's New with Natural Colorants?: *CEREAL FOODS WORLD*, v. 43, p. 720-722.
- BRANDLI, E. N., A. PANDOLFO, J. GUIMARÃES, M. A. S. GONZÁLES, and R. REINHR, 2009, A identificação dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental, *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, p. 45 - 51.
- Brennan, C. S., V. Kuri, and C. M. Tudorica, 2004, Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation: *Food Chemistry*, v. 86, p. 189-193.
- Britton, G., 1995, Structure and properties of carotenoids in relation to function: *The FASEB Journal*, v. 9, p. 1551-1558.
- Britton, G., and F. Khachik, 2009, Carotenoids in Food, *in* G. Britton, H. Pfander, and S. Liaaen-Jensen, eds., *Carotenoids: Carotenoids*, v. 5, Birkhäuser Basel, p. 45-66.
- Brown, L., E. B. Rimm, J. M. Seddon, E. L. Giovannucci, L. Chasan-Taber, D. Spiegelman, W. C. Willett, and S. E. Hankinson, 1999, A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 70, p. 517-524.
- Buck, P. A., 1956, Origin and taxonomy of broccoli: *Economic Botany*, v. 10, p. 250-253.
- Cai, Y.-Z., M. Sun, and H. Corke, 2005, Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae: *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, p. 370-376.
- Carini, E., E. Curti, P. Littardi, M. Luzzini, and E. Vittadini, 2013, Water dynamics of ready to eat shelf stable pasta meals during storage: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 17, p. 163-168.
- Carini, E., E. Vittadini, E. Curti, and F. Antoniazzi, 2009, Effects of different shaping modes on physico-chemical properties and water status of fresh pasta: *Journal of Food Engineering*, v. 93, p. 400-406.

- Carvalho, P. d. T., and E. Clemente, 2004, The influence of the broccoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) fill weight on postharvest quality: *Food Science and Technology (Campinas)*, v. 24, p. 646-651.
- Cascudo, L. d. C., 1967, *Historia da alimentação no Brasil*. 1, 1: Sao Paulo, Companhia editora nacional.
- Castenmiller, J. J. M., C. E. West, J. P. H. Linssen, K. H. van het Hof, and A. G. J. Vorigen, 1999, The Food Matrix of Spinach Is a Limiting Factor in Determining the Bioavailability of β -Carotene and to a Lesser Extent of Lutein in Humans: *The Journal of Nutrition*, v. 129, p. 349-355.
- Chasan-Taber, L., W. C. Willett, J. M. Seddon, M. J. Stampfer, B. Rosner, G. A. Colditz, F. E. Speizer, and S. E. Hankinson, 1999, A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 70, p. 509-516.
- Chu, Y.-F., J. Sun, X. Wu, and R. H. Liu, 2002, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Vegetables: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 6910-6916.
- Ciacco, C. F., 1986, *Massas tecnologia e qualidade*: São Paulo, Ícone; Campinas: UNICAMP.
- Cizkova, H., V. Prokoratova, M. Voldrich, F. Kvasnicka, and V. Soukupova, 2004, Determination of egg content in pasta: **Czech Journal of Food Sciences - UZPI**, v. v. 22(6), p. p. 177-203.
- Clevidence, B. A., and J. G. Bieri, 1993, [4] Association of carotenoids with human plasma lipoproteins, *in* P. Lester, ed., *Methods in Enzymology*, v. Volume 214, Academic Press, p. 33-46.
- Clydesdale, F. M., 1993, Color as a factor in food choice: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 33, p. 83-101.
- CNI, 2012, *Sustentabilidade na indústria da alimentação: uma visão de futuro para a Rio+20, Encontro da Indústria para a Sustentabilidade*, Brasília, p. 40.
- Cohen, J. S., and T. C. S. Yang, 1995, Progress in food dehydration: *Trends in Food Science & Technology*, v. 6, p. 20-25.
- Cooper, D. A., A. L. Eldridge, and J. C. Peters, 1999, Dietary Carotenoids and Certain Cancers, Heart Disease, and Age-related Macular Degeneration: A Review of Recent Research: *Nutrition Reviews*, v. 57, p. 201-214.
- CORREIA, L. F. M., A. S. FARAONI, and H. M. PINHEIRO-SANT'ANA, 2008, Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas, *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, p. 83-95.
- Cubadda, R. E. C. M. M. E. T. M. C., 2007, Influence of Gluten Proteins and Drying Temperature on the Cooking Quality of Durum Wheat Pasta: *Cereal chemistry.*, v. 84, p. 48.
- Cunin, C., S. Handschin, P. Walther, and F. Escher, 1995, Structural changes of starch during cooking of durum wheat pasta: *LWT - Food Science and Technology*, v. 28, p. 323-328.
- Dagnelie, G., I. S. Zorge, and T. M. McDonald, 2000, Lutein improves visual function in some patients with retinal degeneration: a pilot study via the Internet: *Optometry*, v. 71, p. 147-64.
- DAMIANI, C., F. A. SILVA, E. C. RODOVALHO, F. S. BECKER, E. R. ASQUIERI, R. A. OLIVEIRA, and M. E. LAGE, 2011, APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS VEGETAIS PARA PRODUÇÃO DE FAROFA TEMPERADA, *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, p. 657-662.
- De Stefani, E., P. Boffetta, H. Deneo-Pellegrini, M. Mendilaharsu, J. C. Carzoglio, A. Ronco, and L. Olivera, 1999, Dietary Antioxidants and Lung Cancer Risk: A Case-Control Study in Uruguay: *Nutrition and Cancer*, v. 34, p. 100-110.
- Del Nobile, M. A., G. G. Buonocore, A. Panizza, and G. Gambacorta, 2003, Modeling the Spaghetti Hydration Kinetics During Cooking and Overcooking: *Journal of Food Science*, v. 68, p. 1316-1323.
- Del Nobile, M. A., and M. Massera, 2000, Modeling of Water Sorption Kinetics in Spaghetti During Overcooking: *Cereal Chemistry Journal*, v. 77, p. 615-619.

- Deli, J., P. Molnár, E. Ósz, G. Tóth, and F. Zsila, 2004, Epimerisation of lutein to 3'-epilutein in processed foods: *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 14, p. 925-928.
- Dexter, J. E., and B. A. Marchylo, 2001, Recent trends in durum wheat milling and pasta processing impact on durum wheat quality requirements, Winnipeg, Canadian Grain Commission, p. presented at the International Workshop on Durum Wheat, Semolina and Pasta Quality, Montpellier, France, November 27, 2000.
- Dexter, J. E., and R. R. Matsuo, 1979, changes in spaghetti protein solubility during cooking, *Cereal Chemistry*, p. 3.
- Dexter, J. E., R. R. Matsuo, and B. C. Morgan, 1983, Spaghetti Stickiness: Some Factors Influencing Stickiness and Relationship to Other Cooking Quality Characteristics: *Journal of Food Science*, v. 48, p. 1545-1551.
- Dominguez-Perles, R., M. C. Martinez-Ballesta, F. Riquelme, M. Carvajal, C. Garcia-Viguera, and D. A. Moreno, 2011, Novel varieties of broccoli for optimal bioactive components under saline stress: *J Sci Food Agric*, v. 91, p. 1638-1647.
- Edge, R., D. J. McGarvey, and T. G. Truscott, 1997, The carotenoids as anti-oxidants — a review: *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 41, p. 189-200.
- Faller, A. L. K. F. E., 2009, The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking: *Food Research International* *Food Research International*, v. 42, p. 210-215.
- Fardet, A., J. Abecassis, C. Hoebler, P. M. Baldwin, A. Buléon, S. Bérot, and J. L. Barry, 1999, Influence of Technological Modifications of the Protein Network from Pasta on in vitro Starch Degradation: *Journal of Cereal Science*, v. 30, p. 133-145.
- Faulks, R., and S. Southon, 1997, Dietary carotenoids: *Nutrition & Food Science*, p. 246.
- Faulks, R. M., and S. Southon, 2005, Challenges to understanding and measuring carotenoid bioavailability: *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, v. 1740, p. 95-100.
- Fellows, P., 2009, *Food processing technology principles and practice*, Boca Raton, Fla.; Oxford, CRC Press ; Woodhead Pub.
- Fernández-García, E., I. Carvajal-Lérida, M. Jarén-Galán, J. Garrido-Fernández, A. Pérez-Gálvez, and D. Hornero-Méndez, 2012, Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities: *Food Research International*, v. 46, p. 438-450.
- Fleming, S. E., and F. W. Sosulski, 1977, **Nutritive Value of Bread Fortified with Concentrated Plant Proteins and Lysine**, *Cereal Chemistry*, p. 10.
- Fongaro, L., M. Lucisano, and M. Mariotti, 2012, Assessment of surface aspect of foods using ImageJ plugins, *Proceedings of the ImageJ User and Developer Conference 2012*: Luxembourg, Centre de Recherche Public Henri Tudor, p. 245 - 248.
- Foster-Powell K, H. S. H. B.-M. J. C., 2002, International table of glycemic index and glycemic load values: 2002: *The American journal of clinical nutrition*, v. 76, p. 5-56.
- Gama, J. J. T., and C. M. de Sylos, 2007, Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice: *Food Chemistry*, v. 100, p. 1686-1690.
- Giese, J., 1992, *Pasta: New Twists on an Old Product*, Food Technology, p. 8.
- Gil, Á. R. L. M. D., 2005, *Tratado de nutrición. T. II, T. II*: Madrid, Acción Médica.
- Gondim, J. A. M., M. d. F. V. Moura, A. S. Dantas, R. L. S. Medeiros, and K. M. Santos, 2005, Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas: *Food Science and Technology (Campinas)*, v. 25, p. 825-827.
- Gouveia, L., and J. Empis, 2003, Relative stabilities of microalgal carotenoids in microalgal extracts, biomass and fish feed: effect of storage conditions: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 4, p. 227-233.
- Greensmith, M., 1998, *Practical dehydration*: Cambridge, Woodhead Publishing Ltd.
- Gross, J., 1987, *Pigments in fruits*: London; Orlando, Academic Press.

- Gross, J., 1991, *Pigments in vegetables : chlorophylls and carotenoids*: New York, Van Nostrand Reinhold.
- Guerreiro, L., 2008, *Massas Alimentícias - Dossiê técnico - Serviço de normas técnicas*, in R.-R. d. T. d. R. d. Janeiro, ed.
- Guo, W.-H., C.-Y. Tu, and C.-H. Hu, 2008, Cis-Trans Isomerizations of β -Carotene and Lycopene: A Theoretical Study: *The Journal of Physical Chemistry B*, v. 112, p. 12158-12167.
- Gärtner, C., W. Stahl, and H. Sies, 1997, Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes: *The American journal of clinical nutrition*, v. 66, p. 116-22.
- Hadiyanto, D. C. Esveld, R. M. Boom, G. van Straten, and A. J. B. van Boxtel, 2008, Product quality driven design of bakery operations using dynamic optimization: *Journal of Food Engineering*, v. 86, p. 399-413.
- Halliwell, B., 2000, Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward?: *Cardiovascular Research*, v. 47, p. 410-418.
- Halliwell, B., M. A. Murcia, S. Chirico, and O. I. Aruoma, 1995, Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work: *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 35, p. 1-2.
- Harari, A., D. Harats, D. Marko, H. Cohen, I. Barshack, i. Y. Kamar, A. Gonen, Y. Gerber, A. Ben-Amotz, and A. Shaish, 2008, A 9-cis beta-carotene-enriched diet inhibits atherogenesis and fatty liver formation in LDL receptor knockout mice: *Journal of nutrition*, v. 138, p. 7.
- Hart, D. J., and K. J. Scott, 1995, Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK: *Food Chemistry*, v. 54, p. 101-111.
- Havaux, M., 1998, Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts: *Trends in Plant Science*, v. 3, p. 147-151.
- Heaton, J. W., and A. G. Marangoni, 1996, Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues: *Trends in Food Science & Technology*, v. 7, p. 8-15.
- Hendry, G. A. F., J. D. Houghton, and S. B. Brown, 1987, THE DEGRADATION OF CHLOROPHYLL — A BIOLOGICAL ENIGMA: *New Phytologist*, v. 107, p. 255-302.
- Hendry, G. A. F. H. J. D., 1992, *Natural food colorants*: Glasgow; New York, Blackie ; Avi.
- Hentschel, V. K. K. H. J. L. M. G. B. V. B. R., 2002, Spectrophotometric Determination of Yellow Pigment Content and Evaluation of Carotenoids by High-Performance Liquid Chromatography in Durum Wheat Grain: *J. Agric. Food Chem. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 6663-6668.
- Huang, H. Y. H. X. H. Y. Y., 2008, Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review: *Journal of Food Engineering Journal of Food Engineering*, v. 87, p. 303-313.
- Hurst, W. J., 2002, *Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals*: Boca Raton, FL, CRC Press.
- Hussein, L., and M. el-Tohamy, 1990, Vitamin A potency of carrot and spinach carotenes in human metabolic studies: *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, v. 60, p. 229-35.
- Iametti, S., E. Donnizzelli, P. Pittia, P. P. Rovere, N. Squarcina, and F. Bonomi, 1999, Characterization of High-Pressure-Treated Egg Albumen: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 3611-3616.
- Iametti, S. D. E. V. G. R. P. P. G. S. B. F., 1998, Macroscopic and Structural Consequences of High-Pressure Treatment of Ovalbumin Solutions: *JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, v. 46, p. 3521-3527.

- Ihl, M., M. Monsalves, and V. Bifani, 1998, Chlorophyllase Inactivation as a Measure of Blanching Efficacy and Colour Retention of Artichokes (*Cynara scolymus*L.): *LWT - Food Science and Technology*, v. 31, p. 50-56.
- Jackson, M. J., 1997, The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction: *European journal of clinical nutrition*, v. 51 Suppl 1, p. S1-2.
- Jin, X., R. G. M. v. d. Sman, and A. J. B. v. Boxtel, 2011a, Evaluation of the Free Volume Theory to Predict Moisture Transport and Quality Changes During Broccoli Drying: *Drying Technology*, v. 29.
- Jin, X., R. G. M. van der Sman, E. Gerkema, F. J. Vergeldt, H. v. As, and A. J. B. v. Boxtel, 2011b, Moisture distribution in broccoli: measurements by MRI hot air drying experiments: *Procedia Food Science*, v. 1, p. 640-646.
- Kamphuis, C. B. M. v. L. F. J. G. K. B. J. M. J. P., 2007, Perceived environmental determinants of physical activity and fruit and vegetable consumption among high and low socioeconomic groups in the Netherlands: *Health and Place*, v. 13, p. 493-503.
- Kies, C., 1970, Determination of the first-limiting amino acid of wheat and triticale grain for humans: *Cereal Chemistry*, Minnesota, v. 47, p. 615-625.
- Kill, R. C. T. K., 2001, *Pasta and semolina technology*, Malden, MA, Blackwell Science.
- Kirby, A. R. O. A. L. P. R. S. A. C., 1988, An experimental study of screw configuration effects in the twin-screw extrusion-cooking of maize grits: *Journal of Food Engineering Journal of Food Engineering*, v. 8, p. 247-272.
- Koblitz, M. G. B., 2011, *Matérias-primas alimentícias : composição e controle de qualidade*, Guanabara Koogan.
- Kopas-Lane, L. M., and J. J. Warthesen, 1995, Carotenoid Photostability in Raw Spinach and Carrots During Cold Storage: *Journal of Food Science*, v. 60, p. 773-776.
- Krinsky, N. I., and E. J. Johnson, 2005, Carotenoid actions and their relation to health and disease: *Molecular Aspects of Medicine*, v. 26, p. 459-516.
- Kruger, J. E. M. R. B. D. J. W., 1996, *Pasta and noodle technology: American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, Minn. .:
- Landrum, J. T., and R. A. Bone, 2001, Lutein, Zeaxanthin, and the Macular Pigment: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 385, p. 28-40.
- Lauro, G. J. F. F. J. I. o. F. T. C. E. C. B. S. o. N. C., 2000, *Natural food colorants science and technology*, New York, Marcel Dekker.
- Leitão, R. F. d. F., J. R. Gonçalves, M. N. U. Eiroa, and E. E. C. Garcia, 1990, *Tecnologia do macarrão - manual técnico nº5: Campinas - SP, ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos*, 71 p.
- Lešková, E., J. Kubíková, E. Kováčiková, M. Košická, J. Porubská, and K. Holčíková, 2006, Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, p. 252-276.
- Lindsay, D. G., 2000, The Nutritional Enhancement of Plant Foods in Europe 'NEODIET': *Trends in Food Science & Technology*, v. 11, p. 145-151.
- Lirici, L., 1983, *Manuale del capo pastaio*.
- Lucisano, M. C. C. F. L. M. M., 2010, Methods for the characterisation of breadcrumb, an important ingredient of stuffed pasta: *YJCRS Journal of Cereal Science*, v. 51, p. 381-387.
- MacDougall, D. B., 2002, *Colour in food improving quality*, Boca Raton, Fla.; Cambridge, England, CRC Press ; Woodhead Pub.
- Manser, J., 1981, Optimale Parameter fuer die Teigwarenherstellung am Beispiel von Langwaren: **Getreide, Mehl und Brot**, v. 35, p. v.75-83(3).
- Marconi, E., and M. Carcea, 2001, Pasta from nontraditional raw materials, *Cereal foods world*, p. 522-530.
- Marconi, E. C., M., 2001, Pasta from nontraditional raw materials, *Cereal foods world*, p. 522-530.

- Matsuo, R. R., J. E. Dexter, and B. L. Dronzek, 1978, Scanning electron microscopy study of spaghetti processing, *Cereal chemistry*, p. 9.
- Mayer-Miebach, E., and W. E. L. Spieß, 2003, Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of Kintoki carrots: *Journal of Food Engineering*, v. 56, p. 211-213.
- Medeiros, G. R., A. Kwiatkowski, E. Clemente, and J. M. C. Costa, 2011, AVALIAÇÃO DE CAROTENÓIDES EM CENOURA E ANÁLISE SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS ELABORADAS COM CENOURA DESIDRATADA, *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Brasil*, p. 7.
- MENEGASSI, B., and M. LEONEL, 2006, **ANÁLISES DE QUALIDADE DE UMA MASSA ALIMENTÍCIA MISTA DE MANDIOQUINHA-SALSA**, *Revista Raízes e Amidos Tropicais, UNESP - Botucatu - SP*.
- Meyer, L. H., 1987, *Food chemistry: New Delhi, India, CBS Publishers & Distributors*.
- Michaud, D. S., D. Feskanich, E. B. Rimm, G. A. Colditz, F. E. Speizer, W. C. Willett, and E. Giovannucci, 2000, Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 72, p. 990-997.
- Monsivais, P., and A. Drewnowski, 2007, The rising cost of low-energy-density foods: *Journal of the American Dietetic Association*, v. 107, p. 2071-6.
- Mortensen, A., 2006, Carotenoids and other pigments as natural colorants, *Pure and Applied Chemistry, Denmark*, p. 14.
- Mujumdar, A. S., 2007, *Handbook of industrial drying: Boca Raton, CRC Press*.
- Muller, A. S. H., 2007, Recent developments in instrumental analysis for food quality: *Food Chemistry Food Chemistry*, v. 102, p. 436-444.
- Müller, H., 1997, Determination of the carotenoid content in selected vegetables and fruit by HPLC and photodiode array detection: *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, v. 204, p. 88-94.
- Nachtigall, A., P. Strigheta, P. Fidelis, and F. Nachtigall, 2007, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LUTEÍNA EM HORTALIÇAS., *in A. d. N. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, ed.
- Nouvaiere, A., R. Lancien, and Z. Maache-Rezzoug, 2008, Influence of hydrothermal treatment on rheological and cooking characteristics of fresh egg pasta: *Journal of Cereal Science*, v. 47, p. 283-291.
- O'Neill, M. E., Y. Carroll, B. Corridan, B. Olmedilla, F. Granado, I. Blanco, H. V. d. Berg, I. Hininger, A.-M. Rousell, M. Chopra, S. Southon, and D. I. Thurnham, 2001, A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study: *British Journal of Nutrition*, v. 85, p. 499-507.
- Organization, F.-F. a. A., 2012, *Relatório sobre a fome - Estado da Insegurança Alimentar no Mundo 2012 - FAO*.
- Organization, I. P., 2011, **Dados de produção e consumo de massa no mundo**.
- Ornellas, L. H., 2001, *Técnica dietética seleção e preparo de alimentos: São Paulo, Atheneu*.
- O'Sullivan, L., K. Galvin, S. Aisling Aherne, and N. M. O'Brien, 2010, Effects of cooking on the profile and micellarization of 9-cis-, 13-cis- and all-trans- β -carotene in green vegetables: *Food Research International*, v. 43, p. 1130-1135.
- Palozza, P., and N. I. Krinsky, 1992, Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: an overview: *Methods in enzymology*, v. 213, p. 403-20.
- Parada, J., and J. M. Aguilera, 2007, Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients: *Journal Of Food Science*, v. 72, p. R21-R32.
- Pelletier, J. C. J.-B., 1817, *Notice sur la matière verte des feuilles, par MM. Pelletier et Caventou: Paris, L. Colas*.
- Pereira, G. I. M. S., 2003, Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana: *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 27, p. 852-857.

- Peruch, L. A. M., S. J. Michereff, and I. B. Araújo, 2006, Levantamento da intensidade da alternariose e da podridão negra em cultivos orgânicos de brássicas em Pernambuco e Santa Catarina: *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 464-469.
- Philippi, S. T., 2006, *Nutrição e técnica dietética*: Barueri, Manole.
- Pizzinatto, A., and C. P. R. S. Magno, 1994, Tecnologia de processamento e avaliação da qualidade de pão macarrão e biscoito, *in* ITAL, ed., Campinas.
- Pizzinatto, A., and R. d. C. S. C. Ormenese, 2000, Seminário de massas frescas e semiprontas, ITAL.
- Pizzinatto, A. O. R. d. C. S. C., 2000, Seminário pão de queijo : ingredientes, formulação e processo: Campinas, ITAL.
- Pomeranz, Y., 1988, *Wheat chemistry and technology*: St. Paul, Minn., American Association of Cereal Chemists.
- Pott, I., M. Marx, S. Neidhart, W. Mühlbauer, and R. Carle, 2003, Quantitative Determination of β -Carotene Stereoisomers in Fresh, Dried, and Solar-Dried Mangoes (*Mangifera indica* L.): *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 4527-4531.
- Prim, M. B. d. S., 2012, Análise do desperdício de partes vegetais consumíveis, UFSC, 116 p.
- Ragaert, P. V. W. D. F. D. J., 2004, Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits: *Food Quality and Preference*, v. 15, p. 259-270.
- Reddy, L., B. Odhav, and K. D. Bhoola, 2003, Natural products for cancer prevention: a global perspective: *Pharmacology & Therapeutics*, v. 99, p. 1-13.
- Resmini, P., and M. A. Pagani, 1983, Ultrastructure studies of pasta. A review [Wheat flour, rice flour, heat starch modification, protein coagulation], *Food Microstructure*, p. 1-12.
- Riva, M., D. Fessas, and A. Schiraldi, 2000, Starch Retrogradation in Cooked Pasta and Rice: *Cereal Chemistry Journal*, v. 77, p. 433-438.
- Rodriguez-Amaya, D. B., 2010, Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids-A review: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 23, p. 726-740.
- Rodriguez-Amaya, D. B. R.-A. D. B. K. M. A.-F. J. C. L. P. V. B. M. d. M. A. S. d. B. e. F. D. d. C., 2008, Fontes brasileiras de carotenóides tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos: Brasília, MMA/SBF.
- Rondanini, A. B. F. I. S. L. M. P. M. A. R. P., 2000, On the nature and the practical relevance of the molecular modifications induced in wheat proteins by high pressure treatment: *High Pressure Research*, v. 19, p. 1-6.
- SANTOS, L. A. d. S., A. M. P. LIMA, I. V. PASSOS, L. M. P. SANTOS, M. D. SOARES, and S. M. C. d. SANTOS, 2001, Uso e percepções da alimentação alternativa no estado da Bahia: um estudo preliminar: *Revista de Nutrição*, v. 14, p. 35-40.
- Santos, M. A. T. d., 2003, Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.): *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, p. 597-604.
- SBRT, 2013, *Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas*, Brasil.
- Scanlon, M. G. E. N. M. D. J. E., 2005, Pasta: strength and structure: *NEW FOOD*, v. 8, p. 10-15.
- Schieber, A., and R. Carle, 2005, Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications: *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, p. 416-422.
- Schoefs, B. t., 2002, Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis: *Trends in Food Science & Technology*, v. 13, p. 361-371.
- Schofield, J. D., 1994, Wheat proteins: structure and functionality in milling and breadmaking, *in* W. Bushuk, and V. F. Rasper, eds., *Wheat*, Springer US, p. 73-106.

- Schofield, J. D. B. R. C. T. M. F. B. M. R., 1983, The effect of heat on wheat gluten and the involvement of sulphhydryl-disulphide interchange reactions: *Journal of Cereal Science*, v. 1, p. 241-253.
- Schwartz, S. J., and T. V. Lorenzo, 1990, Chlorophylls in foods: *Crit Rev Food Sci Nutr*, v. 29, p. 1-17.
- Schünemann, H. J., S. McCann, B. J. B. Grant, M. Trevisan, P. Muti, and J. L. Freudenheim, 2002, Lung Function in Relation to Intake of Carotenoids and Other Antioxidant Vitamins in a Population-based Study: *American Journal of Epidemiology*, v. 155, p. 463-471.
- Semba, R. D., and G. Dagnelie, 2003, Are lutein and zeaxanthin conditionally essential nutrients for eye health?: *Medical Hypotheses*, v. 61, p. 465-472.
- Serdula, M. K., C. Gillespie, L. Kettel-Khan, R. Farris, J. Seymour, and C. Denny, 2004, Trends in Fruit and Vegetable Consumption Among Adults in the United States: Behavioral Risk Factor Surveillance System, 1994-2000: *American Journal of Public Health*, v. 94, p. 4.
- Shahidi, F., 2000, Antioxidants in food and food antioxidants: *Die Nahrung*, v. 44, p. 158-63.
- Shi, J., and M. Le Maguer, 2000, Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing: *Crit Rev Food Sci Nutr*, v. 40, p. 1-42.
- Sies, H. S. W., 1995, Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants: *The American journal of clinical nutrition.*, v. 62, p. 1315S.
- Silva, E., E. Scholten, E. van der Linden, and L. M. C. Sagis, 2012, Influence of swelling of vegetable particles on structure and rheology of starch matrices: *Journal of Food Engineering*, v. 112, p. 168-174.
- Silva, M. L. C., R. S. Costa, A. d. S. Santana, and M. G. B. Koblitz, 2010, Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais, *Ciências Agrárias*, p. 13.
- Siró, I., E. Kápolna, B. Kápolna, and A. Lugasi, 2008, Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance--a review: *Appetite*, v. 51, p. 456-67.
- Sissons, M., 2004, PASTA, in W. Editor-in-Chief: Colin, ed., *Encyclopedia of Grain Science*: Oxford, Elsevier, p. 409-418.
- Slattery, M. L., J. Benson, K. Curtin, K.-N. Ma, D. Schaeffer, and J. D. Potter, 2000, Carotenoids and colon cancer: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 71, p. 575-582.
- Stahl, W., and H. Sies, 1992, Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans: *The journal of nutrition*.
- Stahl, W., and H. Sies, 2003, Antioxidant activity of carotenoids: *Molecular Aspects of Medicine*, v. 24, p. 345-351.
- STRINGHETA, P. C., A. M. NACHTIGALL, T. T. d. OLIVEIRA, A. M. RAMOS, H. M. P. SANT'ANA, and M. P. J. C. GONÇALVES, 2006, LUTEÍNA: PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E BENEFÍCIOS À SAÚDE, *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, p. 9.
- Sumantran, V. N., R. Zhang, D. S. Lee, and M. S. Wicha, 2000, Differential regulation of apoptosis in normal versus transformed mammary epithelium by lutein and retinoic acid: *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, v. 9, p. 257-263.
- Tapiero, H., D. M. Townsend, and K. D. Tew, 2004, The role of carotenoids in the prevention of human pathologies: *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 58, p. 100-110.
- Tavani, A., S. Gallus, C. La Vecchia, E. Negri, M. Montella, L. Dal Maso, and S. Franceschi, 1999, Risk factors for breast cancer in women under 40 years: *European journal of cancer (Oxford, England : 1990)*, v. 35, p. 1361-1367.
- Thane, C., and S. Reddy, 1997, Processing of fruit and vegetables: effect on carotenoids: *Nutrition & Food Science*, v. 97, p. 58-65.

- Torres, A., J. Frias, M. Granito, and C. Vidal-Valverde, 2007, Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation: *Food Chemistry*, v. 101, p. 202-211.
- Torres, R. J. d. A., D. B. Prêcoma, M. Maia, F. Kaiber, C. Prim, A. Luchini, R. S. Matos, and M. E. Farah, 2008, Conceitos atuais e perspectivas na prevenção da degeneração macular relacionada à idade: *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v. 67, p. 142-155.
- Uenojo, M., M. R. Maróstica Junior, and G. M. Pastore, 2007, Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma: *Química Nova*, v. 30, p. 616-622.
- Valduga, E., P. O. Tatsch, L. Tiggemann, H. Treichel, G. Toniazzo, J. Zeni, M. Di Luccio, and A. Fúrigo Júnior, 2009, Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais: *Química Nova*, v. 32, p. 2429-2436.
- van den Berg, H., R. Faulks, H. F. Granado, J. Hirschberg, B. Olmedilla, G. Sandmann, S. Southon, and W. Stahl, 2000, The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 880-912.
- van het Hof, K. H., B. C. de Boer, L. B. Tijburg, B. R. Lucius, I. Zijp, C. E. West, J. G. Hautvast, and J. A. Weststrate, 2000a, Carotenoid bioavailability in humans from tomatoes processed in different ways determined from the carotenoid response in the triglyceride-rich lipoprotein fraction of plasma after a single consumption and in plasma after four days of consumption: *The Journal of nutrition*, v. 130, p. 1189-96.
- van het Hof, K. H., L. B. Tijburg, K. Pietrzik, and J. A. Weststrate, 1999, Influence of feeding different vegetables on plasma levels of carotenoids, folate and vitamin C. Effect of disruption of the vegetable matrix: *British Journal of Nutrition*, v. 82, p. 203-212.
- van het Hof, K. H., C. E. West, J. A. Weststrate, and J. G. Hautvast, 2000b, Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids: *The Journal of nutrition*, v. 130, p. 503-6.
- Van Zeben, W., and T. F. Hendriks, 1947, The absorption of carotene from cooked carrots: *Internationale Zeitschrift für Vitaminforschung. International journal of vitamin research. Journal international de vitaminologie*, v. 19, p. 1947-1948.
- Vaquero, M. P. G.-A. T. C. Á., 2002, Bioavailability of micronutrients and minor dietary compounds: Trivandrum, India, Research Signpost.
- Velloso, R., 2002, Comida é o que não falta, *in* m. Super 174, ed., Revista Super interessante, Editora Abril.
- Vinson, J. A., Y. Hao, X. Su, and L. Zubik, 1998, Phenol Antioxidant Quantity and Quality in Foods: Vegetables: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 3630-3634.
- Vishnevetsky, M., M. Ovadis, and A. Vainstein, 1999, Carotenoid sequestration in plants: the role of carotenoid-associated proteins: *Trends in Plant Science*, v. 4, p. 232-235.
- Wandel, M., 2007, Consumer concern and behaviour regarding food and health in Norway: *J Con Stud Home Econ Journal of Consumer Studies and Home Economics*, v. 18, p. 203-215.
- Weegels, P. L. d. G. A. M. G. V. J. A. H. R. J., 1994, Effects on Gluten of Heating at Different Moisture Contents. II. Changes in Physico-Chemical Properties and Secondary Structure: *YJCRS</cja:jid> Journal of Cereal Science*, v. 19, p. 39-47.
- Welti-Chanes, J., 2002, Transport Phenomena in Food Processing, Hoboken, CRC Press.
- Wieser, H., 2007, Chemistry of gluten proteins: *Food Microbiology*, v. 24, p. 115-119.
- Willstätter, R. S. A., 1913, Untersuchungen über Chlorophyll: Methoden und Ergebnisse: Berlin, Springer.
- Wisniewska, A., and W. K. Subczynski, 2006, Accumulation of macular xanthophylls in unsaturated membrane domains: *Free Radical Biology and Medicine*, v. 40, p. 1820-1826.

- Wu, Y., A. K. Perry, and B. P. Klein, 1992, VITAMIN C AND β -CAROTENE IN FRESH AND FROZEN GREEN BEANS AND BROCCOLI IN A SIMULATED SYSTEM: *Journal of Food Quality*, v. 15, p. 87-96.
- Yemelyanov, A. Y., N. B. Katz, and P. S. Bernstein, 2001, Ligand-binding characterization of xanthophyll carotenoids to solubilized membrane proteins derived from human retina: *Experimental eye research*, v. 72, p. 381-392.
- Young, A. J., and G. M. Lowe, 2001, Antioxidant and Prooxidant Properties of Carotenoids: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 385, p. 20-27.
- Yuan, G., B. Sun, J. Yuan, and Q. Wang, 2010, Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets: *Food Chemistry*, v. 118, p. 774-781.
- Zardetto, S., and M. D. Rosa, 2009, Effect of extrusion process on properties of cooked, fresh egg pasta: *Journal of Food Engineering*, v. 92, p. 70-77.
- Zielinski, H. K. H., 2000, Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions: *J. Agric. Food Chem. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 2008-2016.
- Zweifel, C. C.-P. B. E. F., 2000, Thermal Modifications of Starch During High-Temperature Drying of Pasta: *CEREAL CHEMISTRY*, v. 77, p. 645-651.

3. Artigo para a Revista Food and Science Technology

Este artigo foi formatado e será submetido para a revista na área de ciência e tecnologia de alimentos.

Use of broccoli (*Brassica oleracea italica*) leaves powder to produce fresh pasta

Abstract

Broccoli is a vegetable usually consumed by the population as a source of bioactive compounds such as carotenoids and tocopherols. However, the broccoli processing mainly uses the flowers, remaining the leaves and stalks as by-products. This work used dried broccoli leaves powder to enrich fresh pasta, and compared its sensory and technological characteristics with pasta enriched with spinach powder. The levels of lutein and β -carotene in broccoli flower and leaves were also quantified. Lutein and β -carotene analysis on broccoli leaves showed, 2.695 mg/100 g and 0.86 mg/100 g respectively. Regarding to the technological characteristics, broccoli pasta showed better results for cooking loss (6.36 %) and water uptake (183.9 %) when compared to the spinach one. The broccoli and spinach pasta showed overall acceptance of 74.4 % and 81.1 %, respectively, higher than 70 %, that is the minimum required for the indication of the product to the market test.

Key-words: fresh pasta, broccoli, extraction of carotenoids, HPLC, cooking quality, drying.

3.1. Introduction

Several epidemiological studies associates the intake of carotenoids with a decreased risk of several degenerative diseases in humans Schünemann et al., (2002), so green leafy vegetables, which are rich in bioactive compounds, have been widely studied (Krinsky and Johnson, 2005). The broccoli is a highly nutritious plant, rich in vitamins, carotenoids and minerals, but usually only the flowers are used by consumers and industry, therefore about 75 % of the plant is discarded, resulting in waste of nutrients, since the vitamin content in the leaf can be 2 to 4 times higher than in the broccoli flower (Wu et al., 1992).

The waste of fruit and vegetables that are usually discarded by the industry, could be used as alternative sources of nutrients, aiming to improve

the nutritional value of processed foods supplying dietary deficiencies (Pereira, 2003).

Consumers are becoming aware of the composition and the optimal intake of essential vitamins, minerals and phytonutrients contained in fruits and vegetables, to maintain a healthy diet and prevent diseases (Arscott and Tanumihardjo, 2010).

One strategy to increase the intake of vegetables is their incorporation into pastas, as dried vegetables powder or vegetable pulps Silva et al., (2012), as the incorporation of dried leaves of spinach and amaranth (Borneo and Aguirre, 2008). The quality of the cooked pasta can be expressed in terms of viscosity, firmness and cooking loss, as well as by water absorption, swelling, cooking loss and susceptibility to breakage (Manser, 1981).

This study used dried broccoli leaves to enrich fresh pasta and described the changes in the physicochemical and cooking properties of pasta, compared to standard spinach pasta.

3.2. Materials and methods

3.2.1. Broccoli

Broccoli were acquired in a local food distributor center (Ceasa, Porto Alegre, Brazil). The leaves and flowers were selected considering the absence of visible injury and infections and also color uniformity. Before drying, the leaves were washed and disinfected sanitized with chlorine solution (2% sodium hypochlorite), 200 ppm for 15 min.

3.2.2. Drying

Drying of broccoli parts (leaves, buds of flowers or stalk) was performed in a tray dryer at 60 °C. The samples were distributed uniformly into a perforated basket and the weight loss was measured every 20 min using a technical scale to constant weight, has occurred in an average 2 hours.

3.2.3. Carotenoid analysis

Carotenoid content in broccoli leaves, buds or stalks was determined on fresh and dried samples by high performance liquid chromatography (HPLC). The carotenoid extract was prepared according to the method of Mercadante and Rodriguez-Amaya, (1998). The pigments were extracted with acetone and saponified with 10 % KOH in methanol, overnight at room temperature. After the removal of the alkali, the extract was concentrated in a rotary evaporator (Fisatom, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil) ($T < 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), transferred to an amber flask, dried under a nitrogen stream, and stored at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ for further analysis.

A HPLC system Waters Alliance® E2695 with photodiode array detector (PDA) Waters 2998 and software Empower was used. The mobile phase was water:methanol:tert-methyl butyl ether (MTBE) (JTBaker, Cas. Number 1634/04/04, purity 99,96%, EUA) starting at 5:90:5, reaching 0:95:5 in 12 min, 0:89:11 in 25 min, 0:75:25 in 40 min and finally 0:50:50 after a total of 60 min, with a flowrate of 1 mL/min at 33°C (Zanatta, 2007).

Prior to use, the mobile phase water/methanol/MTBE (JTBaker, Cas. Number 1634/04/04, purity 99,96%) was filtered through a 0.45 μm filter and degassed using ultrasonic agitation (Unique, model USC 1400). The same was done with the extract for subsequent injection.

The carotenoids were quantified using standard curves of lutein (1-65 mg/L), and β -carotene (5-50 mg/L). The carotenoids β -carotene (purity > 93 %) were purchased from Sigma Chemical (USA). Lutein (purity > 95 %) was purchased from Indofine Chemical Company Inc. Hillsborough (USA). The results were expressed in milligrams per 100 g of dry sample.

3.2.4. Pasta production

The fresh pasta was produced using wheat flour (Orquídea – Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil), cold water, salt (Cisne – Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil), pasteurized whole egg (Fleishheggs – Sorocaba, São Paulo, Brazil) and broccoli leaves powder or spinach powder (Tutti Secchi - Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil) according to the formulation shown in Table 3. The particle size of both green powders was 35 mesh.

All dried components of the formula (flour, green powder and salt) were mixed in a mixer with extruder AME 07/15 (G Paniz - Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil) at low speed until a uniform mix was achieved before the addition of pasteurized eggs and water. Water was added gradually and mixed at low speed until the dough reached an adequate consistency for extrusion. Final water concentration was (34 ± 1) g/100 g of total mixture. The pasta was extruded in Fettuccine format and cut in 30-cm length pieces. The samples were stored at -18 °C, after being packed in plastic packaging, for further analysis. Two batches of each formulation were produced.

Ingredients	broccoli pasta (g)	spinach pasta (g)
Flour (wheat)	1000	1000
Broccoli leaves powder	250	-
Spinach leaves powder	-	250
Pasteurized liquid eggs	160	160
Salt	20	20

Tabela 3: Green pasta formulations

3.2.5. Physicochemical analysis

Moisture content was performed by weight loss at 105 °C. Water activity (a_w) of pasta samples was determined at 25 °C using portable water activity meter (Hygropalm AW, model HP23-AW-A-SET-14, ROTRONIC, Swiss). Pasta was broken into small pieces immediately before water activity measurement.

Color determination was carried out on the surface of pasta samples before and after cooking using a portable colorimeter (R400, Minolta Co., Singapore) following the color system of the CIE- $L^*a^*b^*$, where the L^* value (brightness) ranges from black (0) to white (100), the chroma a^* value ranges from green (-60) to red (+60) and the chroma b^* value ranges from blue (-60) to yellow (+60). The color difference (ΔE) of pasta samples before and after cooking was calculated using the following equation 1:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} \quad (1)$$

Three punctual color determinations were performed on each pasta sample.

3.2.6. Pasta cooking quality

The optimal cooking time, cooking loss and water uptake in cooked pasta were determined using the American Association of Cereal Chemists Official Methods 16-50 and 16-51 (AACC, 2000).

Pasta samples (10 g) were broken into 5-cm pieces and cooked in 170 mL of boiling tap water. The optimal cooking time was taken when the white core disappeared after squeezing the fettuccini between two glass plates. After cooking, fettuccini was drained for 5 min. The drained and cooking water were collected and mixed. A sample was dried at 105 °C until constant weight. The cooking loss (*CL*), expressed as percentage of raw pasta, was calculated as equation 2:

$$\%CL = \{[(VB \times (DC - EC)) \div (CS - DC)] \times 100\} \div WRP \quad (2)$$

Where *CL* cooking loss, *VB* volume boiling (170 mL), *DC* capsule with dry sample, *EC* empty capsule, *WRP* weight raw pasta (10 g) and *CS* capsule with sample.

Cooked fettuccini was rinsed with water for 30 s, drained for 1 min to expel the remaining water and weighed. The water uptake (*WU*) in cooked pasta, expressed ratio between final and initial sample weights was calculated as equation 3:

$$\%WU = [(Final\ weight\ of\ sample \times 100) \div Initial\ weight\ of\ sample] \quad (3)$$

3.2.7. Sensory analysis

The sensory evaluation of the pasta samples was carried out by a panel of 50 untrained judges between 18 and 60 years old using an acceptance test. The criteria for the recruitment of the participants were that they regularly ate fresh pasta, had no food allergies (especially to eggs and gluten), and were available and willing to participate on the test day. The samples were identified with random three-digit code numbers and were served in polyethylene plastic dishes in random order. The test was conducted in an environmentally controlled sensory laboratory with partitioned booths, illuminated with fluorescent bulbs. The chambers were free from environmental elements that could distort normal perception.

The acceptance of attributes such as appearance, color, flavor, aroma, texture and overall acceptability were evaluated using a hedonic scale of 9

points. The study had the permission of the University Ethical Committee (Protocol n: 459216) and the participants were informed of every detail of the scope of the present research.

3.2.8. Statistics analysis

The physicochemical and cooking quality determinations of the pasta were performed in duplicate and present as means and standard deviations. Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare results at 5 % significance level using Microsoft Excel 2010 with the statistical analysis package.

3.3. Results and discussion

3.3.1. Carotenoid content

The β -carotene content of broccoli leaves and flowers was evaluated before and after drying process (Table 4). Results show a loss of 72.3 % of the β -carotene in dried leaves. However, an increase of 67.6 % of the β -carotene was noted in the dried flowers. This contradictory behavior in the same vegetable can be explained by the differences of the cellular matrix between broccoli leaves and flowers. Previous studies already reported an increase of β -carotene from heat-treated vegetables when compared to the raw ones, due a change in the structural matrix and favoring the extraction. (Rodriguez-Amaya, 1997)

	β-carotene (mg/100 g)		lutein (mg/100 g)	
	raw	dried	raw	dried
Leaf	2.695 \pm 0.036	0.747 \pm 0.255	0.86 \pm 0.054	0.0
Flower	0.388 \pm 0.099	0.650 \pm 0.238	n.d.	n.d

n. d.: not determined

Tabela 4: Amount of β -carotene and lutein in broccoli

The lutein content found in raw broccoli leaves (0.86 mg/100 g) was totally lost after drying process.

The content of β -carotene and lutein, in six different cultivars of broccoli, ranged from 0.48 to 1.13 mg/100 g and 0.41 to 1.02 mg/100 g, respectively (Singh et al., 2007). Another study performed on fresh broccoli from Taiwan, reported an average content of 1.72×10^{-2} $\mu\text{mol/g}$ of lutein and 1.66×10^{-2} $\mu\text{mol/g}$ of β -carotene (Kao et al., 2012). In the study performed by Nachtigall et al., (2007) the levels of lutein in broccoli were between 0.76 mg/100 g and 1.84 mg/100 g. Our study analyzed the lutein and β -carotene content of the different broccoli parts, whereas in previously published studies usually the values are not discriminated by flower, stalk or leaf. The results are satisfactory and similar to results of other authors. The broccoli leaves showed carotenoid content higher than the flower, therefore its addition in food mixtures may be beneficial to human health.

3.3.2. Physicochemical analysis and cooking quality determinations

The results of the physicochemical analysis and cooking quality determinations performed in the samples of broccoli and spinach pasta are shown at Table 5.

For both samples, the optimum cooking time was around 4 min and the other cooking characteristics (solid loss and percentage weight increase) were evaluated at this standard cooking time. Chillo et al., (2007) found that the decrease of the gluten network facilitates the diffusion of water through the matrix of the dough, reducing the time that water needs to reach the center of the dough during cooking.

Analisis	Broccoli pasta	Spinach pasta	p-value
Water activity	0.944 \pm 0.001	0.913 \pm 0.001	< 0.0001
Moisture content	33.7 \pm 1.5	32.6 \pm 0.3	0.2188
Color (ΔE)	11.9 \pm 1.0	4.0 \pm 1.9	0.0003
Cooking time (min)	4	4	-

Cooking loss (%)	6.36 ± 0.62	8.62 ± 0.53	0.0015
Water uptake (%)	183.9 ± 0.7	182.6 ± 0.7	0.0162

Tabela 5: Results of physicochemical analysis and cooking quality of green pasta

The water activity of both samples allows the growth of some bacteria and fungi, making necessary the use of cooling to prevent the proliferation of microorganisms during storage and transport (Jay, 2005). The moisture content in both samples is within the range allowed by Brazilian law for fresh pasta, that is at most 35 % (ANVISA, 2000).

The amount of solid residue in the cooking water is widely used as an indicator of pasta quality (low amounts of residue indicate high pasta quality) and is considered to be strongly related to a proper gluten network development during dough formation.

According to the criteria of Hummel, (1966), pastas of high quality show cooking loss up to 6 % of solids, cooking loss between 6 % and 8 % means a medium quality pasta, and higher than or equal to 10 % are characteristic pastas of poor quality. Donnelly, (1979) also considers 8 % as the maximum acceptable value for the loss of solids in water cooking. The broccoli pasta had better performance in the cooking loss presenting great quality compared to spinach pasta, with significant difference between samples.

Fresh pastas with water uptake values between 200 % and 300 % are considered of high quality (Hummel, 1966). The broccoli and spinach pastas presented water uptake around 183 %.

The color differential parameter (ΔE) was higher for the broccoli pasta, which indicates how stable to cooking are the color pigments of the leaf, which in this case, the pasta of broccoli showed lower stability. This parameter indicates the size of the color difference, but does not show how the colors are different, so the $L^*a^*b^*$ values are also presented (Table 6). In the study by Wood, (2009), the parameter of color differential for dry pasta with 25 % fortification with chickpeas showed an average of 27.21 %. Have the work of Carini et al., (2010), using semolina durum wheat showed a good result in this parameter in different ways of mixing the ingredients obtained 1.9 and 3.0 %, indicating good color stability.

Table 6 shows the results of the color parameters $L^*a^*b^*$ for the raw and cooked pasta.

Parameter	Broccoli pasta		p - value
	raw	cooked	
L^*	30.06 ± 2.55	31.09 ± 1.63	0.5228
a^*	-2.33 ± 0.29	-3.03 ± 0.37	0.0239
b^*	9.59 ± 1.03	21.11 ± 0.86	<0.0001
Parameter	Spinach pasta		p - value
	raw	cooked	
L^*	34.53 ± 1.72	34.09 ± 1.34	0.7017
a^*	-5.26 ± 0.76	-4.41 ± 0.58	0.1380
b^*	14.24 ± 2.36	17.69 ± 1.33	0.0475

Tabela 6: Color parameters for the raw and cooked pasta

The spinach pasta showed higher green hue and higher brightness compared to the broccoli one. Both pastas lost green hue and gained yellow hue after cooking. The high intensity of green color of the fresh pasta is a highly desired feature in the product, because this is one of the most significant characteristic of visual appeal for acceptance of color fresh pasta. There were significant difference before and after cooking in parameter b^* of both pasta and the parameter a^* only in the pasta of broccoli.

The broccoli pasta showed a lower cooking loss and no significant difference for water uptake and cooking time, compared with spinach pasta. However cannot be classified as high quality pasta. Better results on cooking quality will probably be achieved decreasing the amount of green flour of the mixture. In the study by Chang and Martínez Flores, (2004) pastas made using *Triticum Aestivum* wheat were classified as pasta of excellent quality, with the patterns of loss of solids established by Hummel, (1966).

Possibly, the decrease of gluten concentration in the dough due broccoli or spinach powder addition increases the loss of solids in the cooking water. This is related to the soluble protein fraction and weakening of the gluten network, which is responsible for retaining the amylose during coction. The addition of lentil, greenpea and chickpea flour, among other leguminous flours, resulted in

an increase in the solids loss during coction (Chillo et al., 2008; Zhao et al., 2005). The Brazilian flour is poor in protein, so the addition of egg contributed to the retention of gluten, reducing the solid loss. Another further improvement would be the addition of wheat flour of durum type to decrease the solids loss. The protein quality and the formation of a continuous network of proteins is very important for the retention of carbohydrates which influences the quality of pasta cooking (Pagani, 1996).

Broccoli powder particles may increase up to 7.6 times its original size in dilute solutions of starch, contributing to the great volume increase of the dough (Silva et al., 2012). During pasta cooking, soluble parts of starch and other soluble components including non-starch polysaccharides leach into the water (Ajila et al., 2010). As the concentration of broccoli powder in the mixture increases, the high swelling capacity of broccoli powder causes a disruption in the microstructure of the dough. Adding higher amounts of broccoli powder implies that more starch is replaced by broccoli powder and therefore there is less starch available to form the matrix. Since it is the starch matrix that will glue the particles together, less matrix formed will lead to an easily disrupted matrix. The incorporation of wet particles, which are completely swollen, causes the same effect as the dry particles with high swelling capacity (Silva et al., 2013).

In fact, the weight increase during cooking is an index of the starch–protein matrix quality, which is used in studies of pasta. During pasta cooking, the protein network limits the diffusion of water and limits the swelling of the starch granules to the central zone of the pasta (Fardet et al., 1998).

3.3.3. Sensory analysis

The results of sensory analysis are shown in Table 7.

Attribute	Broccoli pasta	Spinach pasta	P value
Appearance	6.6 ± 1.4	7.3 ± 1.3	< 0.0001
Color	6.8 ± 1.4	7.5 ± 1.4	0.0004
Aroma	6.9 ± 1.5	7.4 ± 1.3	0.0170
Texture	6.9 ± 1.2	7.0 ± 1.5	0.9369
Flavor	6.3 ± 1.6	7.4 ± 1.1	0.0003

Overall acceptability	6.7 ± 1.1	7.3 ± 1.0	0.0019
------------------------------	-----------	-----------	--------

Tabela 7: Result of sensory analysis

Sensory analysis (Table 7) showed a good acceptance for both pastas and concluded that the replacement is pleasant to the taste of the people and improves the nutritional intake. Both broccoli and spinach formulations could be marketed, since they showed acceptance of 74.4 % and 81.1 %, respectively.

In a study conducted with different formulations of gnocchi containing stalks of broccoli there was a good sensory acceptance and also enhancing the nutritional value (Malucelli et al., 2009). Another study of the use of crop residues, including stalks of broccoli, for preparation of pies, sensory results also showed positive, proving the benefit of using waste for the manufacture of foods rich in nutrients (Souza et al., 2007).

3.4. Conclusion

The addition of broccoli leaves powder in fresh pasta was presented as a good alternative for the production of green pastas, showing more than 70 % of sensory approval, minimum required to display the product for market testing and future marketing. Broccoli pasta also showed similar cooking characteristics and pasta of quality when compared to spinach pasta.

In future studies it would be interesting to make the quantification of nutrients and carotenoids in the pasta of broccoli to assess the product's benefits to health. It can also be tested other amounts of broccoli leaves powder to improve the overall standards of acceptance and cooking.

3.5. References

- Abdel-Aal, E. S. M., and P. Hucl, 2002, Amino Acid Composition and In Vitro Protein Digestibility of Selected Ancient Wheats and their End Products: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 15, p. 737-747.
- Abima, 2012, Estatísticas de mercado e consumo, Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias.
- ABIMA, 2013, Kantar World Panel mostra quem são os consumidores de massas no Brasil.
- Adom, K. K., M. E. Sorrells, and R. H. Liu, 2003, Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties: *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 51, p. 7825-34.
- Agócs, A., and J. Deli, 2011, Pigments in your food: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 757-759.
- Ajila, C. M., M. Aalami, K. Leelavathi, and U. J. S. P. Rao, 2010, Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 11, p. 219-224.
- Alamprese, C., E. Casiraghi, L. Primavesi, Rossi, and A. Hidalgo Vidal, 2005a, Functional and rheological characteristics of fresh egg pasta: *Italian journal of food science*, v. 17, p. 3 - 15.
- Alamprese, C., S. Iametti, M. Rossi, and D. Bergonzi, 2005b, Role of pasteurisation heat treatments on rheological and protein structural characteristics of fresh egg pasta: *European Food Research and Technology*, v. 221, p. 759-767.
- Alves-Rodrigues, A., and A. Shao, 2004, The science behind lutein: *Toxicology Letters*, v. 150, p. 57-83.
- Aman, R., A. Schieber, and R. Carle, 2005, Effects of Heating and Illumination on Trans-Cis Isomerization and Degradation of β -Carotene and Lutein in Isolated Spinach Chloroplasts: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 9512-9518.
- ANVISA, 2000, Resolução RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000.
- ANVISA, A. N. d. V. S.-. 2005, Resolução RDC nº263 de 22 de setembro de 2005 - Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.
- Arcscott, S. A., and S. A. Tanumihardjo, 2010, Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 223-239.
- Barea, J. L., and C. O. Reinehr, 2006, Perda da cor verde do brócolis minimamente processado durante o armazenamento, CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, Passo Fundo - Rio Grande do Sul, UPF.
- Barkeling, B., Y. Granfelt, I. Björck, and S. Rössner, 1995, Effects of carbohydrates in the form of pasta and bread on food intake and satiety in man: *Nutrition Research*, v. 15, p. 467-476.
- BBC, 2013, Pesquisadores britânicos acreditam que o brócolis pode reduzir o avanço da artrose.
- Bergman, C. J. G. D. G. W. C. W., 1994, Development of a High-Temperature-Dried Soft Wheat Pasta Supplemented with Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Cooking Quality, Color, and Sensory Evaluation: *CEREAL CHEMISTRY*, v. 71, p. 523.
- Bergquist, S. Å., U. E. Gertsson, and M. E. Olsson, 2006, Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, p. 346-355.
- Bernhardt, S., and E. Schlich, 2006, Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables: *Journal of Food Engineering*, v. 77, p. 327-333.

- Beta, T. N. S. D. J. E. S. H. D., 2005, Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Fractions: CEREAL CHEMISTRY, v. 82, p. 390-393.
- Björck, I., Y. Granfeldt, H. Liljeberg, J. Tovar, and N. G. Asp, 1994, Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates: The American journal of clinical nutrition, v. 59.
- Bonomi, F., S. Iametti, M. Mariotti, M. A. Pagani, and M. G. D'Egidio, 2003, A novel approach to define inter-protein relationships in semolina and in pasta, Proceedings of the Tenth International Wheat Genetics Symposium: Roma, Istituto sperimentale per la cerealicoltura, p. 1313 - 1315.
- Bonomi, F., G. Mora, M. A. Pagani, and S. Iametti, 2004, Probing structural features of water-insoluble proteins by front-face fluorescence: Analytical Biochemistry, v. 329, p. 104-111.
- Borneo, R., and A. Aguirre, 2008, Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour: LWT - Food Science and Technology, v. 41, p. 1748-1751.
- Borrelli, G. M., A. M. De Leonardis, C. Platani, and A. Troccoli, 2008, Distribution along durum wheat kernel of the components involved in semolina colour: Journal of Cereal Science, v. 48, p. 494-502.
- Borrelli, G. M. L. A. M. D. F. C. P. C. F. N. D., 2003, Effects of Modified Processing Conditions on Oxidative Properties of Semolina Dough and Pasta: Cereal chemistry., v. 80, p. 225.
- Boyd, W., 1998, Ingredients Update: What's New with Natural Colorants?: CEREAL FOODS WORLD, v. 43, p. 720-722.
- Brennan, C. S., V. Kuri, and C. M. Tudorica, 2004, Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation: Food Chemistry, v. 86, p. 189-193.
- Britton, G., 1995, Structure and properties of carotenoids in relation to function: The FASEB Journal, v. 9, p. 1551-1558.
- Britton, G., and F. Khachik, 2009, Carotenoids in Food, in G. Britton, H. Pfander, and S. Liaaen-Jensen, eds., Carotenoids: Carotenoids, v. 5, Birkhäuser Basel, p. 45-66.
- Brown, L., E. B. Rimm, J. M. Seddon, E. L. Giovannucci, L. Chasan-Taber, D. Spiegelman, W. C. Willett, and S. E. Hankinson, 1999, A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men: The American Journal of Clinical Nutrition, v. 70, p. 517-524.
- Carini, E., E. Curti, P. Littardi, M. Luzzini, and E. Vittadini, 2013, Water dynamics of ready to eat shelf stable pasta meals during storage: Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 17, p. 163-168.
- Carini, E., E. Vittadini, E. Curti, and F. Antoniazzi, 2009, Effects of different shaping modes on physico-chemical properties and water status of fresh pasta: Journal of Food Engineering, v. 93, p. 400-406.
- Carini, E., E. Vittadini, E. Curti, F. Antoniazzi, and P. Viazzani, 2010, Effect of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta: Food Chemistry, v. 122, p. 462-469.
- Carvalho, P. d. T., and E. Clemente, 2004, The influence of the broccoli (Brassica oleracea var. itálica) fill weight on postharvest quality: Food Science and Technology (Campinas), v. 24, p. 646-651.
- Castenmiller, J. J. M., C. E. West, J. P. H. Linssen, K. H. van het Hof, and A. G. J. Voragen, 1999, The Food Matrix of Spinach Is a Limiting Factor in Determining the Bioavailability of β -Carotene and to a Lesser Extent of Lutein in Humans: The Journal of Nutrition, v. 129, p. 349-355.
- Chang, Y. K., and H. E. Martínez Flores, 2004, Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaboradas de semolina de trigo durum (T. durum L.) e farinha de trigo (T. aestivum L.): Food Science and Technology (Campinas), v. 24, p. 487-493.

- Chasan-Taber, L., W. C. Willett, J. M. Seddon, M. J. Stampfer, B. Rosner, G. A. Colditz, F. E. Speizer, and S. E. Hankinson, 1999, A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 70, p. 509-516.
- Chillo, S., J. Laverse, P. M. Falcone, and M. A. Del Nobile, 2007, Effect of carboxymethylcellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti: *Journal of Food Engineering*, v. 83, p. 492-500.
- Chillo, S., J. Laverse, P. M. Falcone, and M. A. Del Nobile, 2008, Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea: *Journal of Food Engineering*, v. 84, p. 101-107.
- Cizkova, H., V. Prokoratova, M. Voldrich, F. Kvasnicka, and V. Soukupova, 2004, Determination of egg content in pasta: **Czech Journal of Food Sciences - UZPI**, v. v. 22(6), p. p. 177-203.
- Clevidence, B. A., and J. G. Bieri, 1993, [4] Association of carotenoids with human plasma lipoproteins, *in* P. Lester, ed., *Methods in Enzymology*, v. Volume 214, Academic Press, p. 33-46.
- Clydesdale, F. M., 1993, Color as a factor in food choice: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 33, p. 83-101.
- CNI, 2012, Sustentabilidade na indústria da alimentação: uma visão de futuro para a Rio+20, Encontro da Indústria para a Sustentabilidade, Brasília, p. 40.
- Cooper, D. A., A. L. Eldridge, and J. C. Peters, 1999, Dietary Carotenoids and Certain Cancers, Heart Disease, and Age-related Macular Degeneration: A Review of Recent Research: *Nutrition Reviews*, v. 57, p. 201-214.
- Cubadda, R. E. C. M. M. E. T. M. C., 2007, Influence of Gluten Proteins and Drying Temperature on the Cooking Quality of Durum Wheat Pasta: *Cereal chemistry.*, v. 84, p. 48.
- Cunin, C., S. Handschin, P. Walther, and F. Escher, 1995, Structural changes of starch during cooking of durum wheat pasta: *LWT - Food Science and Technology*, v. 28, p. 323-328.
- Dagnelie, G., I. S. Zorge, and T. M. McDonald, 2000, Lutein improves visual function in some patients with retinal degeneration: a pilot study via the Internet: *Optometry*, v. 71, p. 147-64.
- DAMIANI, C., F. A. SILVA, E. C. RODOVALHO, F. S. BECKER, E. R. ASQUIERI, R. A. OLIVEIRA, and M. E. LAGE, 2011, APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS VEGETAIS PARA PRODUÇÃO DE FAROFA TEMPERADA, *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, p. 657-662.
- De Stefani, E., P. Boffetta, H. Deneo-Pellegrini, M. Mendilaharsu, J. C. Carzoglio, A. Ronco, and L. Olivera, 1999, Dietary Antioxidants and Lung Cancer Risk: A Case-Control Study in Uruguay: *Nutrition and Cancer*, v. 34, p. 100-110.
- Del Nobile, M. A., and M. Massera, 2000, Modeling of Water Sorption Kinetics in Spaghetti During Overcooking: *Cereal Chemistry Journal*, v. 77, p. 615-619.
- Deli, J., P. Molnár, E. Ósz, G. Tóth, and F. Zsila, 2004, Epimerisation of lutein to 3'-epilutein in processed foods: *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 14, p. 925-928.
- Dexter, J. E., R. R. Matsuo, and B. C. Morgan, 1983, Spaghetti Stickiness: Some Factors Influencing Stickiness and Relationship to Other Cooking Quality Characteristics: *Journal of Food Science*, v. 48, p. 1545-1551.
- Dominguez-Perles, R., M. C. Martinez-Ballesta, F. Riquelme, M. Carvajal, C. Garcia-Viguera, and D. A. Moreno, 2011, Novel varieties of broccoli for optimal bioactive components under saline stress: *J Sci Food Agric*, v. 91, p. 1638-1647.
- Donnelly, B. J., 1979, Pasta products: Raw material, Technology, Evaluation., *The Macaroni Journal*, p. 6-7, 10, 12, 14-15, 18.
- Edge, R., D. J. McGarvey, and T. G. Truscott, 1997, The carotenoids as anti-oxidants — a review: *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 41, p. 189-200.

- Fardet, A., P. M. Baldwin, D. Bertrand, B. Bouchet, D. J. Gallant, and J. L. Barry, 1998, Textural Images Analysis of Pasta Protein Networks to Determine Influence of Technological Processes: *Cereal Chemistry Journal*, v. 75, p. 699-704.
- Faulks, R., and S. Southon, 1997, Dietary carotenoids: *Nutrition & Food Science*, p. 246.
- Faulks, R. M., and S. Southon, 2005, Challenges to understanding and measuring carotenoid bioavailability: *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, v. 1740, p. 95-100.
- Fernández-García, E., I. Carvajal-Lérída, M. Jarén-Galán, J. Garrido-Fernández, A. Pérez-Gálvez, and D. Hornero-Méndez, 2012, Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities: *Food Research International*, v. 46, p. 438-450.
- Foster-Powell K, H. S. H. B.-M. J. C., 2002, International table of glycemic index and glycemic load values: 2002: *The American journal of clinical nutrition*, v. 76, p. 5-56.
- Gama, J. J. T., and C. M. de Sylos, 2007, Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice: *Food Chemistry*, v. 100, p. 1686-1690.
- Giese, J., 1992, Pasta: New Twists on an Old Product, *Food Technology*, p. 8.
- Gil, Á. R. L. M. D., 2005, Tratado de nutrición. T. II, T. II: Madrid, Acción Médica.
- Gouveia, L., and J. Empis, 2003, Relative stabilities of microalgal carotenoids in microalgal extracts, biomass and fish feed: effect of storage conditions: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 4, p. 227-233.
- Gross, J., 1987, Pigments in fruits: London; Orlando, Academic Press.
- Gross, J., 1991, Pigments in vegetables : chlorophylls and carotenoids: New York, Van Nostrand Reinhold.
- Guerreiro, L., 2008, Massas Alimentícias - Dossiê técnico - Serviço de normas técnicas, in R.-R. d. T. d. R. d. Janeiro, ed.
- Guo, W.-H., C.-Y. Tu, and C.-H. Hu, 2008, Cis-Trans Isomerizations of β -Carotene and Lycopene: A Theoretical Study: *The Journal of Physical Chemistry B*, v. 112, p. 12158-12167.
- Gärtner, C., W. Stahl, and H. Sies, 1997, Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes: *The American journal of clinical nutrition*, v. 66, p. 116-22.
- Halliwell, B., 2000, Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward?: *Cardiovascular Research*, v. 47, p. 410-418.
- Harari, A., D. Harats, D. Marko, H. Cohen, I. Barshack, i. Y. Kamar, A. Gonen, Y. Gerber, A. Ben-Amotz, and A. Shaish, 2008, A 9-cis beta-carotene-enriched diet inhibits atherogenesis and fatty liver formation in LDL receptor knockout mice: *Journal of nutrition*, v. 138, p. 7.
- Hart, D. J., and K. J. Scott, 1995, Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK: *Food Chemistry*, v. 54, p. 101-111.
- Havaux, M., 1998, Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts: *Trends in Plant Science*, v. 3, p. 147-151.
- Heaton, J. W., and A. G. Marangoni, 1996, Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues: *Trends in Food Science & Technology*, v. 7, p. 8-15.
- Hendry, G. A. F., J. D. Houghton, and S. B. Brown, 1987, THE DEGRADATION OF CHLOROPHYLL — A BIOLOGICAL ENIGMA: *New Phytologist*, v. 107, p. 255-302.
- Hendry, G. A. F. H. J. D., 1992, Natural food colorants: Glasgow; New York, Blackie ; Avi.
- Hentschel, V. K. K. H. J. L. M. G. B. V. B. R., 2002, Spectrophotometric Determination of Yellow Pigment Content and Evaluation of Carotenoids by High-Performance Liquid Chromatography in Durum Wheat Grain: *J. Agric. Food Chem. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 6663-6668.

- Hummel, C., 1966, Macaroni products: manufacture, processing and packing: London, Food Trade P.
- Hurst, W. J., 2002, Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals: Boca Raton, FL, CRC Press.
- Hussein, L., and M. el-Tohamy, 1990, Vitamin A potency of carrot and spinach carotenes in human metabolic studies: International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition, v. 60, p. 229-35.
- Iametti, S., E. Donnizzelli, P. Pittia, P. P. Rovere, N. Squarcina, and F. Bonomi, 1999, Characterization of High-Pressure-Treated Egg Albumen: Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 47, p. 3611-3616.
- Iametti, S. D. E. V. G. R. P. G. S. B. F., 1998, Macroscopic and Structural Consequences of High-Pressure Treatment of Ovalbumin Solutions: JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY, v. 46, p. 3521-3527.
- Ihl, M., M. Monsalves, and V. Bifani, 1998, Chlorophyllase Inactivation as a Measure of Blanching Efficacy and Colour Retention of Artichokes (*Cynara scolymus*L.): LWT - Food Science and Technology, v. 31, p. 50-56.
- Jackson, M. J., 1997, The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction: European journal of clinical nutrition, v. 51 Suppl 1, p. S1-2.
- Jay, J. M. R. R. G. M. P. F. S. H. F. J. C. A. L. O. d. F. A. P. G. O. F. A. d. O. F. C. B. A., 2005, Microbiologia de alimentos: Porto Alegre, Artmed.
- Kao, F. J., Y. S. Chiu, M. J. Tsou, and W. D. Chiang, 2012, Effects of Chinese domestic cooking methods on the carotenoid composition of vegetables in Taiwan: LWT - Food Science and Technology, v. 46, p. 485-492.
- Kill, R. C. T. K., 2001, Pasta and semolina technology, Malden, MA, Blackwell Science.
- Koblitz, M. G. B., 2011, Matérias-primas alimentícias : composição e controle de qualidade, Guanabara Koogan.
- Kopas-Lane, L. M., and J. J. Warthesen, 1995, Carotenoid Photostability in Raw Spinach and Carrots During Cold Storage: Journal of Food Science, v. 60, p. 773-776.
- Krinsky, N. I., and E. J. Johnson, 2005, Carotenoid actions and their relation to health and disease: Molecular Aspects of Medicine, v. 26, p. 459-516.
- Kruger, J. E. M. R. B. D. J. W., 1996, Pasta and noodle technology: American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn. .:
- Landrum, J. T., and R. A. Bone, 2001, Lutein, Zeaxanthin, and the Macular Pigment: Archives of Biochemistry and Biophysics, v. 385, p. 28-40.
- Lauro, G. J. F. F. J. I. o. F. T. C. E. C. B. S. o. N. C., 2000, Natural food colorants science and technology, New York, Marcel Dekker.
- Leitão, R. F. d. F., J. R. Gonçalves, M. N. U. Eiroa, and E. E. C. Garcia, 1990, Tecnologia do macarrão - manual técnico nº5: Campinas - SP, ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, 71 p.
- Lešková, E., J. Kubíková, E. Kováčiková, M. Košická, J. Porubská, and K. Holčíková, 2006, Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models: Journal of Food Composition and Analysis, v. 19, p. 252-276.
- MacDougall, D. B., 2002, Colour in food improving quality, Boca Raton, Fla.; Cambridge, England, CRC Press ; Woodhead Pub.
- Malucelli, M., D. Novello, J. M. Almeida, and A. R. Freitas, 2009, Avaliação e composição nutricional de nhoque tradicional enriquecido com farinha de resíduo de brócolis (*Brassica Oleracea* var. *italica*), Alimentos e Nutrição, Araraquara - Paraná, p. 7.
- Manser, J., 1981, Optimale Parameter fuer die Teigwarenherstellung am Beispiel von Langwaren: **Getreide, Mehl und Brot**, v. 35, p. v.75-83(3).
- Marconi, E. C., M., 2001, Pasta from nontraditional raw materials, Cereal foods world, p. 522-530.

- Mayer-Miebach, E., and W. E. L. Spieß, 2003, Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of Kintoki carrots: *Journal of Food Engineering*, v. 56, p. 211-213.
- Medeiros, G. R., A. Kwiatkowski, E. Clemente, and J. M. C. Costa, 2011, AVALIAÇÃO DE CAROTENÓIDES EM CENOURA E ANÁLISE SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS ELABORADAS COM CENOURA DESIDRATADA, *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Brasil*, p. 7.
- MENEGASSI, B., and M. LEONEL, 2006, **ANÁLISES DE QUALIDADE DE UMA MASSA ALIMENTÍCIA MISTA DE MANDIOQUINHA-SALSA**, *Revista Raízes e Amidos Tropicais, UNESP - Botucatu - SP*.
- Mercadante, A. Z., and D. B. Rodriguez-Amaya, 1998, Effects of Ripening, Cultivar Differences, and Processing on the Carotenoid Composition of Mango: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 128-130.
- Meyer, L. H., 1987, *Food chemistry*: New Delhi, India, CBS Publishers & Distributors.
- Michaud, D. S., D. Feskanich, E. B. Rimm, G. A. Colditz, F. E. Speizer, W. C. Willett, and E. Giovannucci, 2000, Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 72, p. 990-997.
- Mortensen, A., 2006, Carotenoids and other pigments as natural colorants, *Pure and Applied Chemistry, Denmark*, p. 14.
- Müller, H., 1997, Determination of the carotenoid content in selected vegetables and fruit by HPLC and photodiode array detection: *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, v. 204, p. 88-94.
- Nachtigall, A., P. Strigheta, P. Fidelis, and F. Nachtigall, 2007, DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LUTEÍNA EM HORTALIÇAS., *in A. d. N. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, ed.
- Nouviaire, A., R. Lancien, and Z. Maache-Rezzoug, 2008, Influence of hydrothermal treatment on rheological and cooking characteristics of fresh egg pasta: *Journal of Cereal Science*, v. 47, p. 283-291.
- O'Neill, M. E., Y. Carroll, B. Corridan, B. Olmedilla, F. Granado, I. Blanco, H. V. d. Berg, I. Hininger, A.-M. Rousell, M. Chopra, S. Southon, and D. I. Thurnham, 2001, A European carotenoid database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study: *British Journal of Nutrition*, v. 85, p. 499-507.
- Organization, I. P., 2011, **Dados de produção e consumo de massa no mundo**.
- O'Sullivan, L., K. Galvin, S. Aisling Aherne, and N. M. O'Brien, 2010, Effects of cooking on the profile and micellarization of 9-cis-, 13-cis- and all-trans- β -carotene in green vegetables: *Food Research International*, v. 43, p. 1130-1135.
- Pagani, M. A. D. N. I. R. P. P. L., 1996, Pasta: Processing and heat damage of dry pasta: *Tecnica molitoria.*, v. 47, p. 345.
- Parada, J., and J. M. Aguilera, 2007, Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients: *Journal Of Food Science*, v. 72, p. R21-R32.
- Pelletier, J. C. J.-B., 1817, Notice sur la matière verte des feuilles, par MM. Pelletier et Caventou: Paris, L. Colas.
- Pereira, G. I. M. S., 2003, Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana: *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 27, p. 852-857.
- Peruch, L. A. M., S. J. Michereff, and I. B. Araújo, 2006, Levantamento da intensidade da alternariose e da podridão negra em cultivos orgânicos de brássicas em Pernambuco e Santa Catarina: *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 464-469.
- Pizzinatto, A., and C. P. R. S. Magno, 1994, Tecnologia de processamento e avaliação da qualidade de pão macarrão e biscoito, *in ITAL*, ed., Campinas.
- Pizzinatto, A., and R. d. C. S. C. Ormenese, 2000, Seminário de massas frescas e semiprontas, ITAL.

- Pizzinatto, A. O. R. d. C. S. C., 2000, Seminário pão de queijo : ingredientes, formulação e processo: Campinas, ITAL.
- Pomeranz, Y., 1988, Wheat chemistry and technology: St. Paul, Minn., American Association of Cereal Chemists.
- Pott, I., M. Marx, S. Neidhart, W. Mühlbauer, and R. Carle, 2003, Quantitative Determination of β -Carotene Stereoisomers in Fresh, Dried, and Solar-Dried Mangoes (*Mangifera indica* L.): *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 4527-4531.
- Ragaert, P. V. W. D. F. D. J., 2004, Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits: *Food Quality and Preference*, v. 15, p. 259-270.
- Reddy, L., B. Odhav, and K. D. Bhoola, 2003, Natural products for cancer prevention: a global perspective: *Pharmacology & Therapeutics*, v. 99, p. 1-13.
- Resmini, P., and M. A. Pagani, 1983, Ultrastructure studies of pasta. A review [Wheat flour, rice flour, heat starch modification, protein coagulation], *Food Microstructure*, p. 1-12.
- Rodriguez-Amaya, D. B. R.-A. D. B. K. M. A.-F. J. C. L. P. V. B. M. d. M. A. S. d. B. e. F. D. d. C., 2008, Fontes brasileiras de carotenóides tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos: Brasília, MMA/SBF.
- Rodriguez-Amaya, D. B. U. S. A. f. I. D. O., 1997, Carotenoids and food preparation : the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods: Arlington, VA, John Snow Inc./OMNI Project.
- Rondanini, A. B. F. I. S. L. M. P. M. A. R. P., 2000, On the nature and the practical relevance of the molecular modifications induced in wheat proteins by high pressure treatment: *High Pressure Research*, v. 19, p. 1-6.
- Santos, M. A. T. d., 2003, Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.): *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, p. 597-604.
- SBRT, 2013, *Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas*, Brasil.
- Scanlon, M. G. E. N. M. D. J. E., 2005, Pasta: strength and structure: *NEW FOOD*, v. 8, p. 10-15.
- Schieber, A., and R. Carle, 2005, Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications: *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, p. 416-422.
- Schoefs, B. t., 2002, Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis: *Trends in Food Science & Technology*, v. 13, p. 361-371.
- Schofield, J. D., 1994, Wheat proteins: structure and functionality in milling and breadmaking, *in* W. Bushuk, and V. F. Rasper, eds., *Wheat*, Springer US, p. 73-106.
- Schofield, J. D. B. R. C. T. M. F. B. M. R., 1983, The effect of heat on wheat gluten and the involvement of sulphhydryl-disulphide interchange reactions: *Journal of Cereal Science*, v. 1, p. 241-253.
- Schwartz, S. J., and T. V. Lorenzo, 1990, Chlorophylls in foods: *Crit Rev Food Sci Nutr*, v. 29, p. 1-17.
- Schünemann, H. J., S. McCann, B. J. B. Grant, M. Trevisan, P. Muti, and J. L. Freudenheim, 2002, Lung Function in Relation to Intake of Carotenoids and Other Antioxidant Vitamins in a Population-based Study: *American Journal of Epidemiology*, v. 155, p. 463-471.
- Semba, R. D., and G. Dagnelie, 2003, Are lutein and zeaxanthin conditionally essential nutrients for eye health?: *Medical Hypotheses*, v. 61, p. 465-472.
- Shahidi, F., 2000, Antioxidants in food and food antioxidants: *Die Nahrung*, v. 44, p. 158-63.
- Shi, J., and M. Le Maguer, 2000, Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing: *Crit Rev Food Sci Nutr*, v. 40, p. 1-42.
- Sies, H. S. W., 1995, Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants: *The American journal of clinical nutrition.*, v. 62, p. 1315S.

- Silva, E., L. M. C. Sagis, E. van der Linden, and E. Scholten, 2013, Effect of matrix and particle type on rheological, textural and structural properties of broccoli pasta and noodles: *Journal of Food Engineering*, v. 119, p. 94-103.
- Silva, E., E. Scholten, E. van der Linden, and L. M. C. Sagis, 2012, Influence of swelling of vegetable particles on structure and rheology of starch matrices: *Journal of Food Engineering*, v. 112, p. 168-174.
- Silva, M. L. C., R. S. Costa, A. d. S. Santana, and M. G. B. Koblitz, 2010, Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais, *Ciências Agrárias*, p. 13.
- Singh, J., A. K. Upadhyay, K. Prasad, A. Bahadur, and M. Rai, 2007, Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in Brassica vegetables: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 20, p. 106-112.
- Sissons, M., 2004, PASTA, in W. Editor-in-Chief: Colin, ed., *Encyclopedia of Grain Science*: Oxford, Elsevier, p. 409-418.
- Slattery, M. L., J. Benson, K. Curtin, K.-N. Ma, D. Schaeffer, and J. D. Potter, 2000, Carotenoids and colon cancer: *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 71, p. 575-582.
- Souza, P. D. J., D. Novello, J. M. Almeida, and D. A. Quintiliano, 2007, Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças, *Alimentos e Nutrição, Araraquara - Paraná*, p. 5.
- Stahl, W., and H. Sies, 1992, Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans: *The journal of nutrition*.
- Stahl, W., and H. Sies, 2003, Antioxidant activity of carotenoids: *Molecular Aspects of Medicine*, v. 24, p. 345-351.
- Stringheta, P. C., A. M. Nachtigall, T. T. d. Oliveira, A. M. Ramos, H. M. P. Sant'ana, and M. P. J. C. Gonçalves, 2006, LUTEÍNA: PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E BENEFÍCIOS À SAÚDE, *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, p. 9.
- Sumantran, V. N., R. Zhang, D. S. Lee, and M. S. Wicha, 2000, Differential regulation of apoptosis in normal versus transformed mammary epithelium by lutein and retinoic acid: *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, v. 9, p. 257-263.
- Tapiero, H., D. M. Townsend, and K. D. Tew, 2004, The role of carotenoids in the prevention of human pathologies: *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 58, p. 100-110.
- Tavani, A., S. Gallus, C. La Vecchia, E. Negri, M. Montella, L. Dal Maso, and S. Franceschi, 1999, Risk factors for breast cancer in women under 40 years: *European journal of cancer (Oxford, England : 1990)*, v. 35, p. 1361-1367.
- Thane, C., and S. Reddy, 1997, Processing of fruit and vegetables: effect on carotenoids: *Nutrition & Food Science*, v. 97, p. 58-65.
- Torres, A., J. Frias, M. Granito, and C. Vidal-Valverde, 2007, Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation: *Food Chemistry*, v. 101, p. 202-211.
- Torres, R. J. d. A., D. B. Précoma, M. Maia, F. Kaiber, C. Prim, A. Luchini, R. S. Matos, and M. E. Farah, 2008, Conceitos atuais e perspectivas na prevenção da degeneração macular relacionada à idade: *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v. 67, p. 142-155.
- Uenojo, M., M. R. Maróstica Junior, and G. M. Pastore, 2007, Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma: *Química Nova*, v. 30, p. 616-622.
- Valduga, E., P. O. Tatsch, L. Tiggemann, H. Treichel, G. Toniazzo, J. Zeni, M. Di Luccio, and A. Fúrigo Júnior, 2009, Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais: *Química Nova*, v. 32, p. 2429-2436.

- van het Hof, K. H., B. C. de Boer, L. B. Tijburg, B. R. Lucius, I. Zijp, C. E. West, J. G. Hautvast, and J. A. Weststrate, 2000a, Carotenoid bioavailability in humans from tomatoes processed in different ways determined from the carotenoid response in the triglyceride-rich lipoprotein fraction of plasma after a single consumption and in plasma after four days of consumption: *The Journal of nutrition*, v. 130, p. 1189-96.
- van het Hof, K. H., L. B. Tijburg, K. Pietrzik, and J. A. Weststrate, 1999, Influence of feeding different vegetables on plasma levels of carotenoids, folate and vitamin C. Effect of disruption of the vegetable matrix: *British Journal of Nutrition*, v. 82, p. 203–212.
- van het Hof, K. H., C. E. West, J. A. Weststrate, and J. G. Hautvast, 2000b, Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids: *The Journal of nutrition*, v. 130, p. 503-6.
- Van Zeben, W., and T. F. Hendriks, 1947, The absorption of carotene from cooked carrots: *Internationale Zeitschrift für Vitaminforschung. International journal of vitamin research. Journal international de vitaminologie*, v. 19, p. 1947-1948.
- Vaquero, M. P. G.-A. T. C. Á., 2002, Bioavailability of micronutrients and minor dietary compounds: Trivandrum, India, Research Signpost.
- Vishnevetsky, M., M. Ovadis, and A. Vainstein, 1999, Carotenoid sequestration in plants: the role of carotenoid-associated proteins: *Trends in Plant Science*, v. 4, p. 232-235.
- Wandel, M., 2007, Consumer concern and behaviour regarding food and health in Norway: *J Con Stud Home Econ Journal of Consumer Studies and Home Economics*, v. 18, p. 203-215.
- Weegels, P. L. d. G. A. M. G. V. J. A. H. R. J., 1994, Effects on Gluten of Heating at Different Moisture Contents. II. Changes in Physico-Chemical Properties and Secondary Structure: *JCRS</cja:jid> Journal of Cereal Science*, v. 19, p. 39-47.
- Wieser, H., 2007, Chemistry of gluten proteins: *Food Microbiology*, v. 24, p. 115-119.
- Willstätter, R. S. A., 1913, *Untersuchungen über Chlorophyll: Methoden und Ergebnisse*: Berlin, Springer.
- Wisniewska, A., and W. K. Subczynski, 2006, Accumulation of macular xanthophylls in unsaturated membrane domains: *Free Radical Biology and Medicine*, v. 40, p. 1820-1826.
- Wood, J. A., 2009, Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality: *Journal of Cereal Science*, v. 49, p. 128-133.
- Wu, Y., A. K. Perry, and B. P. Klein, 1992, VITAMIN C AND β -CAROTENE IN FRESH AND FROZEN GREEN BEANS AND BROCCOLI IN A SIMULATED SYSTEM: *Journal of Food Quality*, v. 15, p. 87-96.
- Yemelyanov, A. Y., N. B. Katz, and P. S. Bernstein, 2001, Ligand-binding characterization of xanthophyll carotenoids to solubilized membrane proteins derived from human retina: *Experimental eye research*, v. 72, p. 381-392.
- Young, A. J., and G. M. Lowe, 2001, Antioxidant and Prooxidant Properties of Carotenoids: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 385, p. 20-27.
- Zanatta, C. F. M. A. Z., 2007, Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camucamu (*Myrciaria dubia*): *Food Chemistry*, v. 101, p. 1526-1532.
- Zardetto, S., and M. D. Rosa, 2009, Effect of extrusion process on properties of cooked, fresh egg pasta: *Journal of Food Engineering*, v. 92, p. 70-77.
- Zhao, Y. H., F. A. Manthey, S. K. C. Chang, H.-J. Hou, and S. H. Yuan, 2005, Quality Characteristics of Spaghetti as Affected by Green and Yellow Pea, Lentil, and Chickpea Flours: *Journal of Food Science*, v. 70, p. s371-s376.
- Zielinski, H. K. H., 2000, Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions: *J. Agric. Food Chem. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 2008-2016.
- Zweifel, C. C.-P. B. E. F., 2000, Thermal Modifications of Starch During High-Temperature Drying of Pasta: *CEREAL CHEMISTRY*, v. 77, p. 645-651.

4. Considerações finais

A adição de pó de brócolis em massas frescas foi apresentada como uma boa alternativa para a produção de massas verdes, resultando em mais de 70 % de aprovação sensorial, mínimo exigido para apresentar o produto para teste de mercado e comercialização futura. A massa de brócolis também apresentou características de cozimento semelhantes quando comparada com massa de espinafre.

Futuramente, seria interessante quantificar o teor de nutrientes e carotenoides na massa de brócolis para avaliar os benefícios do produto para a saúde, além de testar outras porcentagens de adição de farinha verde para aperfeiçoar os índices de cozimento e aceitação global.