

34: 072739

BRO343204



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO

**EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA VISCOSIDADE  
DO OVO INDUSTRIALIZADO**

**LÚCIA DE FÁTIMA SOARES FERREIRA LEPKI**

**Disertação apresentada como parte dos  
requisitos para obtenção do Grau de  
Mestre em Ciências na Área de  
Tecnologia Nuclear - Aplicações.**

**Orientadora:  
Dra. Nélida Lúcia Del Mastro**

**São Paulo  
1998**

8.039.5

6e

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

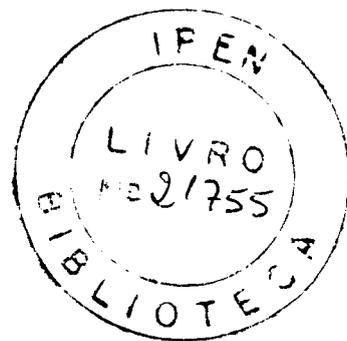
**EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA VISCOSIDADE DO OVO  
INDUSTRIALIZADO**

**LÚCIA DE FÁTIMA SOARES FERREIRA LEPKI**

Dissertação apresentada como parte  
dos requisitos para obtenção do Grau  
de "Mestre em Ciências" na Área de  
Tecnologia Nuclear.

**Orientadora: Dra. Nélida Lúcia Del Mastro**

**São Paulo  
1998**



Aos meus pais *Gumercindo* e *Maria José* e ao meu  
filho *Mattheus* dedico este trabalho

## AGRADECIMENTOS

### Agradeço

Especialmente à *Dra. Nélide Lúcia Del Mastro*, pela oportunidade, pela orientação e confiança, pelo incentivo e pela amizade.

À ITO- Avicultura Indústria e Comércio S.A., na pessoa do *Engº Paulo Antônio*, pelo fornecimento das amostras.

Ao *Vladimir*, pela colaboração, pelo amor, carinho e compreensão nos momentos aos quais nos foram privados da alegria do convívio.

Aos engenheiros *Carlos Gaia* e *Elizabeth Somessari* pelas irradiações.

Ao *Cláudio Botelho* e *Jorge Ambiel* pela elaboração dos desenhos.

Ao *Sr. Ivan*, *Sra. Eugenia* e *Nádia* pela ajuda e compreensão.

À *Yasko Kodama* e pela amizade nos momentos importantes.

À *Anna Lúcia*, *Dulcila*, *Olívia*, *Sandra* e *Susy* pelo convívio.

Aos amigos do *TE*, pelo convívio e amizade.

À toda minha família e todos os amigos que me acompanham.

Ao *CNPQ*, pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

# EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NA VISCOSIDADE DO OVO INDUSTRIALIZADO

Lúcia de Fátima Soares Ferreira Lepki

## RESUMO

As companhias de produtos alimentícios industrializados fazem grande uso do ovo em pó e líquido. As indústrias de um modo geral recorrem a fornecedores que possam garantir produtos livres de contaminação bacteriana, em particular da *Salmonella ssp.*. Processos convencionais de esterilização e pasteurização empregando calor destroem os microorganismos, porém apresentam alguns efeitos desfavoráveis nas propriedades funcionais dos ovos. Por isso, tornou-se necessário pesquisar novos métodos de preservação, tal como a irradiação.

Amostras de ovo em pó e líquido foram irradiadas em fonte de  $^{60}\text{Co}$  com doses chegando até 25kGy. Para as medidas de viscosidade foi utilizado um viscosímetro rotacional acoplado a um microcomputador. Ovo integral, clara e gema apresentaram comportamentos diferentes frente a radiação. Foram estudadas as diferenças entre as viscosidades em várias temperaturas de amostras não irradiadas e irradiadas.

Através dos resultados conclui-se que a irradiação pode ser um processo alternativo de tratamento de ovos a frio, visto que com doses de até 3,5kGy, com excessão da gema em pó, a variação de viscosidade pode ser considerada pequena.

# EFFECT OF IONIZING RADIATION IN THE VISCOSITY OF INDUSTRIALIZED EGGS

Lúcia de Fátima Soares Ferreira Lepki

## Abstract

Companies that produce industrialized food products make use of powder and liquid eggs to a large extent. These companies generally seek for suppliers that can assure products free of bacterial contamination, in particular of *Salmonella ssp.* Conventional sterilization and pasteurization process using heat, destroy the microorganisms, but presents some unfavorable effects in the functional properties of the eggs. For these drawbacks, it was necessary to search for new preservation methods such as irradiation.

Powder and liquid eggs samples were irradiated in a  $^{60}\text{Co}$  source with doses up to 25kGy. The effects of the irradiation were evaluated by viscosity determination. For viscosity a rotational viscosimeter on line to a microcomputer was used. The viscosity of whole egg, white egg and yolk egg after irradiation, showed different behaviour. It was studied the differences between the irradiated and non-irradiated samples at several temperatures.

Through the results, it was concluded that the irradiation can be used as an alternative process on egg cold treatment, since that for doses up to 3.5kGy, with exception of powder yolk egg, the viscosity variation can be considered small.

<b>Capítulo 1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações Gerais	1
1.2 Objetivo	3
1.3 Organização do Trabalho	4
<b>Capítulo 2 - Revisão de Literatura</b>	<b>5</b>
2.1 Considerações sobre Conservação de Alimentos	5
2.2 Propriedades do Ovo de Galinha	13
2.3 Irradiação de Alimentos	23
2.4 Fontes de Radiação Utilizadas	31
2.5 Propriedades Reológicas dos Alimentos	33
<b>Capítulo 3 - Materiais e Métodos</b>	<b>38</b>
3.1 Amostras de Ovo Industrializado	38
3.2 Irradiações	39
3.3 Dosimetria	40
3.4 Viscosimetria	41
3.5 Espectrofotometria	44
<b>Capítulo 4 - Resultados e Discussão</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo 5 - Conclusões</b>	<b>64</b>
<b>Capítulo 6 - Referências Bibliográficas</b>	<b>65</b>

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

#### **1.1 - Considerações Gerais**

O ovo é a origem, a semente, o começo, o princípio do mundo e de todos os seres. Em numerosas culturas, o ovo em sua dimensão cósmica contém todos os mundos e o próprio mundo nasceu dele. Também para numerosos povos, o ovo simboliza a perfeição, onde o branco representa a verdade, o amarelo da gema tem sua expressiva correspondência no sol carregado de energia criadora, todos os princípios da vida e de sua perpetuação estão contidos no ovo, e estes são necessários e suficientes para que um novo ser se forme e venha à luz. Por esta razão, o ovo é alimento por excelência, ideal para o homem em todas as fases de sua vida, rico em proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais, e contém os nutrientes que garantem a formação de uma nova vida.

Ovos, em diferentes formas, são usados na indústria alimentícia e em produção de refeições coletivas. São produtos líquidos, resfriados ou congelados, e desidratados. Misturas preparadas para bolos e pudins, macarrão, sorvete, maionese e doces e outros itens de padarias utilizam produtos derivados de ovos, que são frequentemente preferidos aos ovos em casca pelas indústrias e comércios e também, indústria de serviços de alimentação. Estes produtos apresentam vantagens como conveniência operacional, economia de mão-de-obra, menor espaço de armazenagem, facilidade para controlar as porções (gema apenas ou somente clara, ou ainda integral em proporção desejada de clara e gema), qualidade, estabilidade e uniformidade. Os produtos de ovos são comparáveis em sabor, cor, valor nutritivo e propriedades funcionais aos ovos *in natura*.

Os produtos alimentícios industrializados fazem grande uso do ovo em pó e as indústrias de um modo geral, recorrem a fornecedores que possam garantir produtos livres de contaminação bacteriana, em particular *Salmonella spp.* que é comumente encontrada em ovos e seus derivados. Os processos convencionais de pasteurização e esterelização, utilizam o calor com a finalidade de destruir microorganismos indesejáveis. Estes tratamentos, tem apresentado efeitos desfavoráveis em algumas propriedades funcionais. Assim, tornou-se evidente a necessidade de novos métodos de preservação apropriados para

aumentar o tempo de prateleira e mais ainda, tornar o produto seguro do ponto de vista bacteriológico.

A aplicação da radiação ionizante e seus efeitos nas propriedades funcionais e sensorias desses produtos vem sendo pesquisada em alguns países, como uma forma acessível e adequada para eliminação de *Salmonella ssp.* em derivados de ovos.

## **1.2 - Objetivo**

A irradiação é um processo à frio que se apresenta altamente promissor na substituição da pasteurização pelo calor para a higienização de produtos de ovos. Este trabalho tem como objetivo estudar a influência da radiação ionizante em ovo industrializado, desidratado e líquido, destinado à indústria alimentícia. Trata-se de um projeto pioneiro de pesquisa no País, onde foi estudado o efeito da radiação na viscosidade da clara, gema e ovo integral, visto que esta propriedade é muito importante na indústria de alimentos.

### **1.3 - Organização do Trabalho**

No capítulo 2 é abordada uma revisão da literatura no que diz respeito ao ovo de galinha e suas propriedades, métodos de conservação, em particular a irradiação, bem como considerações sobre as propriedades reológicas dos alimentos.

No capítulo 3, estão descritos os materiais e métodos utilizados neste estudo. Os resultados e sua discussão constam do capítulo 4, com apresentação das conclusões no capítulo 5.

## CAPÍTULO 2

### **REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1 - Considerações sobre conservação de alimentos**

O crescente aumento do comércio internacional de alimentos tem gerado preocupações com as perdas, decorrentes da contaminação e decomposição e, principalmente com enfermidades que podem ser transmitidas por eles (BANWART, 1979). As doenças causadas por microorganismos veiculados nos alimentos representam uma ameaça geral para a saúde humana e são causa importante da diminuição da produtividade econômica, sendo que nos Estados Unidos da América, estimativas dessas doenças giram em torno de 12,6 milhões de casos/ano, com custo de US\$ 8,4 bilhões (TOOD, 1989). Doenças transmitidas por alimentos causadas por microorganismos patogênicos, tais como a *Campylobacter*, *E.coli* e *Salmonella ssp.* ocasionam, anualmente, cerca de 7.000 mortes e entre 24 e 81 milhões de casos de diarreia (ICGFI / FAO / WHO / IAEA, 1990). O número total de

casos de intoxicações alimentares em geral nos EUA e Canadá em 1988 foi estimado em impressionantes 4 milhões de casos, com custo de até US\$ 4,8 bilhões/ano, incluindo perda de mercado, produtividade e força de trabalho, sendo que entre 1985/1989, ocorreram 189 surtos de salmonelose, com 6.604 pessoas envolvidas, das quais 43 morreram (**NASCIMENTO**, 1996). Nos EUA, embora a incidência do número de surtos de intoxicação alimentar em humanos causados unicamente por salmonelas (exeto *S. thyphimurium*) seja desconhecida, em função da não comunicação de pequenas ocorrências às autoridades, o Centro de Controle de Doenças (CDC) estima em mais de 40000 casos/ano, com cerca de 500 mortes. Em 1992, a *Salmonella enteritidis* já ocupava 1º lugar como causa de intoxicação alimentar no Japão (**IMAI & KURIHARA**, 1994). Entre 1985 e 1995 os departamentos de saúde estaduais e federais dos EUA, relataram 582 surtos de *Salmonella enteritidis* responsáveis por 24.058 casos de doença, 2.290 hospitalizações e 70 óbitos (**ANON.**, 1997).

A indústria de fabricação de alimentos consiste em transformar produtos agrícolas em produtos comestíveis, usando processamentos diversificados na produção, e principalmente, na conservação. Processos tradicionais de preservação de alimentos como enlatar, desidratar, temperar, congelar e defumar são usados para produzir uma enorme variedade de produtos alimentares (**PROUDLOVE**, 1996).

A conservação de um produto implica na manutenção de suas características durante a vida útil de armazenamento (vida de prateleira). A utilização dos tratamentos térmicos constituem as técnicas mais empregadas visando assegurar a estabilidade da flora microbiana ou mesmo esterilidade comercial dos alimentos (ANON., 1995). A esterilização, entretanto, destroe todas as formas de vida com capacidade de desenvolvimento durante os estágios de conservação e utilização do produto (VESSONI PENNA, 1997).

Segundo PROUDLOVE, o enlatamento foi o primeiro método de processamento de alimentos em larga escala e tornou-se popular após a introdução do fechamento hermético. Porém com o tempo tornou-se um processo caro, mas ainda muito usado por causa da sazonalidade de certos alimentos. A secagem é um dos processos mais antigos de conservação de alimentos. A desidratação é importante na indústria alimentícia por várias razões, como por exemplo, redução de peso, redução da porcentagem de umidade, para evitar principalmente proliferação bacteriana. Para isso, frequentemente é necessário a destruição de apenas os organismos nocivos à saúde.

A água presente nos alimentos confere características como textura, consistência e tempo de vida do produto. A presença de água ocorre como água ligada e água livre, resultando no conteúdo total de água

(umidade). A água ligada está intimamente ligada às moléculas constituintes do produto, não podendo ser removida ou utilizada para qualquer tipo de reação. A água livre está disponível para as reações físicas (evaporação), químicas (escurecimento) e microbiológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração do produto (**BEUCHAT, 1983**).

A atividade da água (**CHEFTEL & CHEFTEL, 1976**) dá a medida da disponibilidade de água nos diversos alimentos:

$$a_w = \frac{p_w}{p_w^o}$$

onde:  $p_w$  : pressão parcial de vapor de água do alimento;

$p_w^o$ : pressão parcial de vapor de água pura na mesma temperatura.

Quando não existe água livre, a medida de atividade de água será igual a  $a_w = 0,000$ . Porém se a amostra é constituída em sua totalidade por água pura, então  $a_w = 1,000$ .

O comportamento microbiano frente a  $a_w$  é extremamente variável, sendo que as bactérias são mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, do que os bolores e leveduras (**BEUCHAT, 1983**). Tem-se que a maioria das bactérias deterioradoras não se desenvolvem em meio com  $a_w$

inferior a 0,91 (**SPERBER**, 1983). Atualmente, a tecnologia permite o processamento de alimentos de forma a reduzir a  $a_w$  a níveis inferiores aos permissíveis para a proliferação microbiana, evitando-se sua biodegradação.

Ainda segundo **PROUDLOVE**, a maior vantagem dos alimentos resfriados é que eles são considerados 'in natura'. Alimentos resfriados, são alimentos perecíveis mas conservados saudáveis durante um tempo determinado a baixas temperaturas, apropriada a cada tipo de alimento. O resfriamento prolonga a vida de prateleira porque diminui as mudanças que causam a deterioração dentro do alimento, normalmente por ação enzimática, e retarda a multiplicação dos microorganismos. O congelamento conserva os alimentos de duas maneiras: a) a baixa temperatura inibe o crescimento de microorganismos; b) a formação de gelo durante o congelamento retira eficientemente a água dos alimentos a qual apresenta os mesmos efeitos de conservação que a desidratação. O cozimento por extrusão destrói rapidamente as bactérias, enzimas e toxinas sensíveis ao calor sem que ocorra no produto dano desnecessário causado pelo calor. O cozimento por microondas (aquecimento dielétrico), mais conhecido por forno de microondas, tem como princípio geral a vibração excessiva das moléculas de água, liberando maior energia e tendo como consequência o aquecimento dos alimentos.

O calor é o processo de esterilização usual, sendo realizado de duas maneiras distintas: calor úmido e calor seco (**VESSONI PENNA**, 1997). O calor úmido é um processo bastante efetivo quando comparado ao calor seco, em função do uso de temperaturas mais baixas e do curto período de tempo necessário para garantir o nível de esterilidade desejado.

No processo de esterilização que emprega calor úmido na forma de vapor saturado, o vapor de água é o responsável pelo aquecimento correspondente aos valores de temperatura e pressão previamente definidos. **VESSONI PENNA**, em 1997, descreve que o ar deve ser completamente retirado da câmara de esterilização para garantir que o sistema irá atingir a temperatura de esterilização definida, e a pressão seja aquela indicada no manômetro do equipamento.

A ação letal do calor é uma função do tempo e da temperatura. Depende de fatores que definirão a intensidade do tratamento e do tempo de exposição ao calor com finalidade de reduzir a população microbiana aos níveis estabelecidos. Esta relação, tempo / temperatura, será selecionada de acordo com o tipo de produto, população e fonte dos contaminantes antes do processo, metodologia para minimizar estes contaminantes e prevenção após o processamento, para garantir o sucesso da esterilização (**VESSONI PENNA**, 1997).

Um dos processos térmicos usados na indústria de alimentos é a pasteurização, que consiste num tratamento térmico menos intenso, sempre em temperaturas inferiores a 100°C e, portanto sob pressão atmosférica normal. Estes processos são destinados aos alimentos que não oferecem condições para a proliferação de bactérias e multiplicação das formas microbianas mais resistentes, que sobrevivem à pasteurização (ANON., 1995), em alimentos ácidos ou muito ácidos, com pH menor que 4,6 ou alimentos que são submetidos posteriormente à refrigeração, congelamento e desidratação, por exemplo, como leite e ovos.

Além dos processos térmicos existem outros processos de esterilização como, por exemplo, a filtração, que consiste em reter partículas presentes em um fluido, pela passagem através de um material poroso, fibroso ou granular. Para tanto, é necessário o uso de um filtro que irá produzir um material estéril, isto é, quando desafiado com uma bactéria utilizada como referência, a bactéria *Brevundimonas diminuta* numa concentração de pelo menos  $10^7$  microorganismos por centímetro de área filtrante (KOGA, 1997). Os sistemas de filtração para líquidos, levam em conta a exclusão por tamanho (interceptação mecânica) e a adsorção: já para os gases além da exclusão por tamanho, ocorre também a difusão e atração eletrostática.

O processo de esterilização química por óxido de etileno (EtO) é bastante utilizado, por apresentar efetividade esterilizante e validação do processo (PINTO, 1997). Este processo é aplicado para produtos orgânicos em geral, materiais coloidais e em alimentos era usado em especiarias.

Um dos aspectos mais negativos do uso do EtO, é com relação ao meio ambiente, sendo que a mistura óxido de etileno e organoclorados, causam a destruição da camada de ozônio. Outro problema está em relação ao efeito tóxico nos trabalhadores que manipulam os produtos, exigindo monitoração constante de contaminação ambiental e de exposição de humanos, neste caso sendo necessário o uso de máscaras e roupas especiais, eliminação do gás por reabsorção em água no circuito de esterilização; controle da eliminação para a natureza dos resíduos do processo (ANON., 1993). Atualmente, o uso de EtO se restringe a produtos descartáveis para uso médico, não é mais usado em alimentos.

## 2.2 - Propriedades do Ovo de galinha

O ovo é um dos ingredientes considerado um sonho para os tecnologistas de alimentos pela grande diversidade de propriedades que é capaz de introduzir no alimento (ANON., 1998). As propriedades mais importantes são:

1. Aeração, pela propriedade única de espumar, o ovo incorpora ar dentro do alimento. Produtos de ovos podem conter agentes de cremosidade que melhora a formação de espuma;

2. Coagulação, o ovo pode ser convertido do estado líquido para sólido ou semi-sólido utilizando-se processo de aquecimento, através do ajuste do pH, adicionando sal ou outro ingrediente;

3. Emulsificação, que é estabilização de uma suspensão de um líquido em outro, sendo que nesta área a gema é a protagonista. Proteína e lipídeo de ovos inteiros e gema contribuem para esta propriedade já que contém substâncias gordurosas extremamente divididas. O exemplo clássico de emulsão é a maionese, onde o ovo tem papel importante na emulsão de gorduras;

4. Cor, a cor amarelo ouro da gema deriva dos carotenóides contidos na porção lipídea das lipoproteínas. Para o consumidor, a cor significa qualidade e valoriza o sabor de alguns produtos como massas, maionese e bolos;

5. Sabor, centenas de componentes voláteis contribuem para o sabor dos ovos, e mistura bem com muitos produtos alimentícios;

6. Abastecimento, os ovos estão disponíveis mundialmente, e alguma variação depende da ração da galinha poedeira;

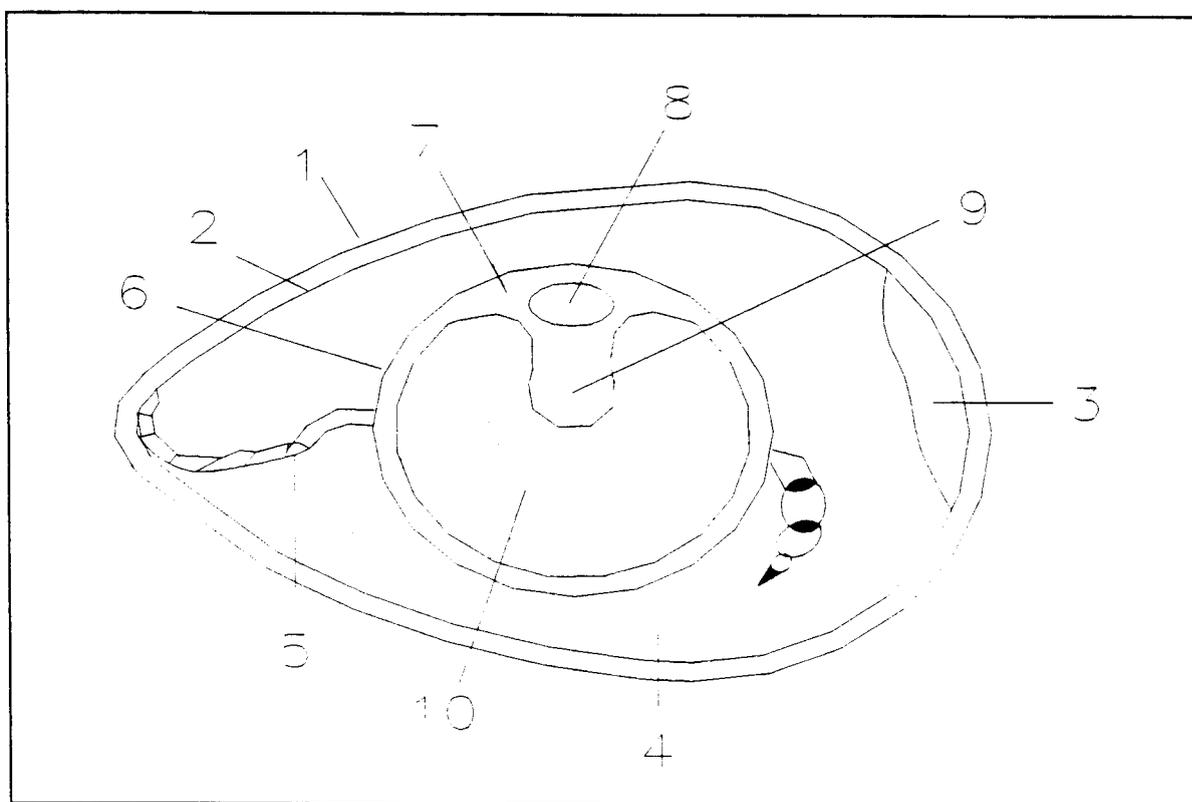
7. Economia, os ovos são um grande negócio tanto para o consumidor quanto para o produtor de alimentos industrializados, sendo uma das fontes disponíveis de proteínas de mais baixo custo;

8. Nutricional, ovos oferecem um valor nutricional excelente e contém particularmente alta quantidade de proteína, o qual é utilizado para enriquecimento de alimentos pobres em proteínas. Contem ferro e grande gama de vitaminas incluindo A, D e E e algumas vitaminas do complexo B. Também tem boa dose de minerais como potássio, ferro, fósforo, iodo e zinco. Apesar de ter todo este valor nutricional, tem baixo valor calórico cerca de 75 calorias por ovo grande;

9. Natural, nada poderia ser mais natural que um ovo, e o interesse dos consumidores por alimentos naturais vem crescendo. Produtos de ovos são mais seguros do ponto de vista microbiológico, uma vez que são submetidos tradicionalmente a processos de pasteurização que utiliza calor para torná-los livres de *salmonella ssp.*, o que modifica um pouco o produto;

10. Consumo, no Brasil é de 83 unidades / ano / habitantes e nos EUA são consumidos 65 milhões de ovos/ano.

O ovo de galinha contém todos os nutrientes essenciais em quantidades significantes. Em termos de dieta humana, é um alimento nutritivo, entretanto, não contém vitamina C (YUDKIN, 1988). A parte comestível contém pequena proporção de cálcio, e o embrião do pintinho absorve o cálcio da casca. Na figura 1 é apresentado o esquema do ovo de galinha.



**Figura 1:** Esquema de um ovo de galinha: 1-Casca do Ovo; 2-Membrana externa; 3-Câmara de ar; 4-Albumina; 5-Calaza; 6-Membrana Vitelina (gema); 7-Disco Germinal (disco blastódico); 8-Vesícula germinal; 9-Clara; 10-Gema.

A classificação dos ovos segundo YUDKIN, 1988, é feita pelo tamanho: extra(70g) e pequeno(45g). Em geral a média do tamanho de um ovo gira em torno de 60g, sendo 20g de gema, 35g de clara e o restante do peso se divide em casca e membranas. Um ovo inteiro fornece cerca de 100 kcal, e contem 8g de proteínas, 8g de gordura, 15mg de ferro e quantidades significativas de vitaminas A, D, E e do complexo B. Muitas dessas vitaminas estão contidas na gema; a exceção mais importante está no que diz respeito a clara, que contém metade da riboflavina ou vitamina B<sub>2</sub> do ovo. A sua composição química e valores nutricionais podem ser melhor observados na tabela 1.

**Tabela 1: Ovo grande cru -: Ovo Inteiro com casca, peso de 59g, parte líquida, 50g, 33,4g de clara e 16,6g de gema**

<b>Substâncias Nutritivas</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
<b>Água</b>	37,40	29,40	8,00
<b>Energia (caloria)</b>	75	16	59
<b>Proteínas (g)</b>	6,25	3,50	2,75
<b>Lípídeos (g)</b>	5,28	-	5,28
<b>Carboidratos (g)</b>	0,60	0,30	0,30
<b>Cinzas</b>	0,47	0,20	0,27
<b>Lípídeos</b>			
<b>Ácidos graxos (g)</b>			
<b>Saturados - Total</b>	1.550	-	1.586
<b>Caprílico</b>	0,002	-	0,002
<b>Cáprico</b>	0,002	-	0,002

continua

<b>Ácidos Graxos (g)</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
Láurico	0,002	-	0,002
Mirístico	0,017	-	0,017
Palmítico	1.113	-	1.139
Esteárico	0,392	-	0,401
Araquídico	0,020	-	0,020
<hr/>			
<b>Monoinsaturados</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
Total	1.905	-	1.949
Mirostoléico	0,005	-	0,005
Palmitoléico	0,149	-	0,152
Oléico	1.736	-	1.776
Eicosenóico	0,014	-	0,014
Erúcico	0,002	-	0,002
<hr/>			
<b>Polinsaturados</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
Total	0,682	-	0,698
Linoléico	0,574	-	0,587
Linolênico	0,017	-	0,017
Araquidônico	0,071	-	0,073
Eicosapentaenóico	0,002	-	0,002
Decoexaenóico	0,018	-	0,019
Colesterol (mg)	213	-	213
Lecitina (g)	1,15	-	1,11
Cefalina (g)	0,230	-	0,219
<hr/>			
<b>Vitaminas</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
A (UI)	317	-	323
D (UI)	24,5	-	24,5
E (mg)	0,70	-	0,70
B12	0,50	0,07	0,52

continua

<b>Vitaminas</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
<b>Biotina (mcg)</b>	9,98	2,34	7,58
<b>Colina (mg)</b>	215,06	0,42	215,97
<b>Ácido Fólico (mg)</b>	23	1	24
<b>Inosol (mg)</b>	5,39	1,38	3,95
<b>Niacina (mg)</b>	0,037	0,031	0,002
<b>Ác. Pantotênico (B3) (mg)</b>	0,627	0,031	0,002
<b>Piridoxina (B6) (mg)</b>	0,070	0,001	0,065
<b>Riboflavinina (B2) (mg)</b>	0,254	0,151	0,106
<b>Tiamina (mg)</b>	0,031	0,002	0,28

<b>Minerais (mg)</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
<b>Cálcio</b>	25	2	23
<b>Cloro</b>	87,10	60,0	27,1
<b>Cobre</b>	0,007	0,002	0,004
<b>Iodo</b>	0,024	0,001	0,022
<b>Ferro</b>	0,072/1,55	0,01/0,27	0,59/0,97
<b>Magnésio</b>	5	4	1
<b>Mangânes</b>	0,012	0,001	0,012
<b>Fósforo</b>	89	4	81
<b>Potássio</b>	60	48	16
<b>Sódio</b>	63	55	7
<b>Enxofre</b>	81	56	25
<b>Zinco</b>	0,55	-	0,52

<b>Aminoácidos (g)</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
<b>Alanina</b>	0,348	0,203	0,143
<b>Arginina</b>	0,375	0,191	0,199
<b>Ácido Aspártico</b>	0,628	0,358	0,272
<b>Cisteína</b>	0,145	0,091	0,050

continua

<b>Aminoácidos (g)</b>	<b>Inteiro</b>	<b>Clara</b>	<b>Gema</b>
<b>Ácido Glutâmico</b>	0,816	0,467	0,353
<b>Glicina</b>	0,210	0,123	0,086
<b>Histidina</b>	0,148	0,079	0,072
<b>Isoleucina</b>	0,341	0,199	0,141
<b>Leucina</b>	0,534	0,296	0,244
<b>Lisina</b>	0,449	0,239	0,221
<b>Metionina</b>	0,195	0,121	0,069
<b>Fenilalanina</b>	0,332	0,205	0,119
<b>Prolina</b>	0,249	0,137	0,116
<b>Serina</b>	0,465	0,242	0,238
<b>Treonina</b>	0,300	0,160	0,148
<b>Triptofano</b>	0,076	0,043	0,033
<b>Tirosina</b>	0,255	0,137	0,124
<b>Valina</b>	0,381	0,224	0,155

**Fonte:** Suplemento para agricultura nº 8, Informações sobre nutrição humana, USDA, 1989; Poltry Science, 1979, adaptado; Guilherme Franco, tabela de Composição Química de Alimentos 8ª Edição - 1987;

Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas "The Amino Acid Content of Food and Biological Data on Proteins" Estudo Nutricional nº 24, Roma (1970).

Os ovos, mais precisamente sua gema, contém mais colesterol que certos alimentos; cerca de 250mg (YUDKIN, 1988). O colesterol é uma substância complexa sendo o principal o esterol dos animais superiores. O colesterol é sintetizado nas quantidades necessárias pelo organismo e se encontra em todos tecidos animais. Trata-se de um composto vital para o

organismo, essencial na formação das membranas das células, na produção dos hormônios sexuais, na vitamina D e de sucos digestivos, sendo que nos tecidos nervosos tem papel de isolante (BOCCIA, 1997). Quando a taxa de colesterol encontra-se aumentada, e estiver em grandes quantidades nos depósitos que se formam no revestimento interno das artérias poderá aumentar o risco de acidentes cardíacos. Por isso tomou-se necessário pesquisar novos produtos livres ou com baixo teor de colesterol. No mercado brasileiro o ovo "light" já é uma realidade, trata-se de um produto com 40% a menos de colesterol, aproximadamente 29% menos gordura saturada, e que contém 35% de vitamina E, cinco vezes mais do que o ovo *in natura*. O produto contém ainda menos calorias que o ovo comum, e é rico em ômega 3 (ácido graxo polinsaturado), aproximadamente dez vezes mais, que melhora a circulação sanguínea (FRANCO, 1997).

Segundo YUKDIN, 1988, a ovalbumina é uma das albuminas mais conhecidas. Ela coagula não só pela ação do calor (fervura) mas também é coagulada quando é batida, sendo visualizada na espuma formando pequeninas bolhas de ar. A avidina é uma antivitamina presente em pequena proporção na clara. Quando aquecida é destruída. Ovos brancos e marrons tem a mesma composição, sendo que existe uma pequena diferença entre os ovos de granja e caipira, uma vez que os primeiros contém uma maior quantidade de vitamina B<sub>12</sub> e de ácido fólico (YUKDIN, 1988).

Um ovo começa a envelhecer quando ocorre um aumento na quantidade de ar dentro da câmara de ar; isto pode ser usado como um teste para verificar se o ovo está envelhecido, num copo com água o ovo flutuará. Mas vale lembrar que mesmo sendo envelhecido, ocorre pouca mudança em relação à natureza das proteínas (YUKDIN, 1988).

Na tabela 2 estão as equivalências entre ovos *in natura* e os industrializados.

**Tabela 2:** Equivalência entre ovos e produtos de ovos

<i>in natura</i>	Pasteurizado	Desidratado
caixa=dúzias ovo extra	balde de 18kg integral líq	-
-	4kg ovo líquido	1kg ovo em pó
-	2kg gema líquida	1kg gema pó
-	9kg clara líquida	1kg clara pó

Fonte: Promovos 1995

O consumo anual de produtos de ovos no Brasil atinge cerca de 30 mil toneladas (dados 1995-Promovos) que corresponde ao processamento de 1,6 milhões de caixas anuais, sendo que este valor corresponde a 7,7% da produção paulista, que é de 18 milhões de caixas anuais. No Brasil, o setor de ovos movimenta R\$ 1,5 bilhões / ano (KASSAI, 1998).

Ovos secos ou desidratados são produzidos nos EUA desde 1930, mas sua procura foi mínima até a II Guerra Mundial, quando a produção aumentou para atender a demanda militar e de ajuda externa (**PROMOVOS**, 1995). A qualidade dos primeiros produtos era incomparavelmente inferior à dos obtidos hoje.

Atualmente, ovos em pó ou na forma de líquido pasteurizado, são usados em grande variedade de produtos na indústria da alimentação, não estando disponíveis normalmente no mercado varejista. Por exemplo, a indústria de sorvetes, utiliza gema de ovo na forma de pó ou congelada, que produz efeito pronunciado de melhoria do 'corpo' e textura. Seu uso é bastante recomendado em misturas com baixo teor de sólidos e em misturas onde a gordura é proveniente de manteiga ou gordura de leite anidra. A vantagem de usar gema de ovo está relacionada com os sólidos que são muito efetivos para aumentar a capacidade de aeração, provavelmente devido à lecitina presente. A desvantagem do seu uso, é que pode aumentar bastante o custo final do sorvete (**VIOTTO**, 1997).

### 2.3 - Irradiação de alimentos

Um dos processos incipientes de preservação dos alimentos é a irradiação. De todos os processos de conservação a irradiação é talvez, a que tem sido mais investigada. Os efeitos químicos e biológicos das radiações são o resultado de colisões de elétrons que produzem a ionização. Os elétrons podem ser introduzidos no produto tratado diretamente a partir de um acelerador de elétrons ou indiretamente por fótons gerados por uma fonte radioativa. A distribuição espacial e temporal do fluxo de elétrons gerados no produto, é característico da fonte e sua classificação depende das densidades de radicais livres formados e de suas meias-vidas (**McKEOWN & DREWEL, 1996**).

O emprego da energia atômica na conservação de alimentos tem passado da fase experimental à escala comercial em alguns países. Em 1980, o Comitê de Especialistas em Salubridade de Alimentos Irradiados da FAO/IAEA/WHO, concluiu que “a irradiação de produtos alimentícios com uma dose média de até 10kGy não apresenta risco toxicológico e não induz problemas nutricionais para seus constituintes”. Já a Norma Geral para Alimentos Irradiados da Comissão do Codex Alimentarius, é de caráter universal para irradiação de alimentos e contém recomendações que se aplicam a todo tipo de alimento irradiado ou que sofreu algum processo de

irradiação, bem como os limites de doses máximas de radiação que pode ser absorvida pelo alimento. No Brasil, as normas gerais foram estabelecidas pelo decreto-lei nº 72.718 de 29 de agosto de 1973, publicado no D.O.U. em 30/08/73 (D.O.U., 1973). Em 8 de março de 1985 através da portaria nº 9 (D.O.U.,1985), a DINAL - Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos do Ministério da Saúde, em conjunto com a CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear e com o INCQS - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde propuseram uma tabela de alimentos cuja irradiação está autorizada, a qual foi complementada pela portaria nº 30 (D.O.U.,1989) da DINAL em setembro de 1989, tabela 3.

Atualmente, 40 países possuem legislação que permitem o uso da radiação na conservação de alimentos, conforme tabela 4.

A legislação brasileira atual não inclui na lista de produtos autorizados para tratamento por irradiação, permissão para irradiação de ovo industrializado e derivados. Entretanto, está sendo estudada a atualização, conforme modelo de regulamento aprovado pela região da América Latina e Caribe. Os países que já possuem legislação a respeito estão relacionados na tabela 5.

Tabela 3: Alimentos autorizados para serem irradiados no Brasil

Produto	Objetivo da Irradiação	Dose Máxima Permitida(kGy)	Ano da Aprovação
Arroz	Desinfestação	1	1985
Batata	Inibição do brotamento	0,15	1985
Cebola	Inibição do brotamento	1	1985
Feijão	Desinfestação	1	1985
Milho	Desinfestação	0,5	1985
Trigo	Desinfestação	1	1985
Farinha de Trigo	Desinfestação	1	1985
Especiarias (13 produtos diferentes)	Desinfestação Descontaminação	10	1985
Mamão	Desinfestação Controle de maturação	1	1985
Morango	Extensão da vida de prateleira	3	1985
Peixes e produtos derivados (filés, salgados, defumados, secos, desidratados)	Extensão da vida de prateleira Descontaminação Desinfestação	2,2	1985
Aves	Extensão da vida de prateleira	7	1989
Abacate	Desinfestação	1	1989
Abacaxi	Controle de maturação	1	1989
Banana	Extensão da vida de prateleira	1	1989
Caqui	Extensão da vida de prateleira	1	1989
Goiaba	Extensão da vida de prateleira	1	1989
Laranja	Redução da carga microbiana em combinação com o calor	1	1989
Limão	Redução da carga microbiana em combinação com o calor	1	1989
Manga	Redução da carga microbiana em combinação com o calor	1	1989
Melão	Redução da carga microbiana em combinação com o calor	1	1989
Tomate	Redução da carga microbiana em combinação com o calor	1	1989

Fonte: Portaria DINAL/MS de 08/Março/1985 e 25/Setembro/1989

**Tabela 4: Países que possuem legislação para irradiar alimentos**

---

<b>1. Argentina</b>	<b>21. Índia</b>
<b>2. África do Sul</b>	<b>22. Indonésia</b>
<b>3. Alemanha</b>	<b>23. Irã</b>
<b>4. Bangladesh</b>	<b>24. Israel</b>
<b>5. Bélgica</b>	<b>25. Itália</b>
<b>6. Brasil</b>	<b>26. Japão</b>
<b>7. Canadá</b>	<b>27. México</b>
<b>8. Chile</b>	<b>28. Noruega</b>
<b>9. China</b>	<b>29. Paquistão</b>
<b>10. Costa Rica</b>	<b>30. Polônia</b>
<b>11. Croácia</b>	<b>31. Reino Unido</b>
<b>12. Cuba</b>	<b>32. República da Korea</b>
<b>13. Dinamarca</b>	<b>33. República Tcheca</b>
<b>14. Espanha</b>	<b>34. Rússia</b>
<b>15. Estados Unidos</b>	<b>35. Síria</b>
<b>16. Filipinas</b>	<b>36. Tailândia</b>
<b>17. Finlândia</b>	<b>37. Ucrânia</b>
<b>18. França</b>	<b>38. Uruguai</b>
<b>19. Holanda</b>	<b>39. Vietnã</b>
<b>20. Hungria</b>	<b>40. Yugoslávia</b>

---

Novembro de 1997

**Tabela 5: Países que autorizam a irradiação de ovos e produtos de ovos**

<b>País / Produto</b>	<b>Tipo de Autorização</b>	<b>Data</b>	<b>Dose Máx(kGy)</b>
<b><u>Croácia</u></b>			
Ovos congelados	Incondicional	21/06/94	3
Ovo em Pó	Incondicional		
Produtos de Ovos (Congelados)	Incondicional		
<b><u>França</u></b>			
Clara de ovo	Incondicional	07/11/90	4
<b><u>México</u></b>			
Ovos (Desidratados)	Incondicional	07/04/95	5
<b><u>África do Sul</u></b>			
Ovos (Inteiros, Quebrados)	Condicional	20/07/89	10
Albumina de Ovo (Pó)	Condicional	20/11/87	10
Ovo em Pó	Condicional	20/11/87	10
Polpa de Ovo (Congelada)	Condicional	29/03/90	10
<b><u>Yugoslávia</u></b>			
Ovo em Pó	Incondicional	17/12/84	10

Fonte: Food Irradiation Newsletter - Vol.19, nº.2 - October/ 1995

A qualidade nutritiva dos alimentos submetidos a processo de irradiação, não é afetada mais do que por outros métodos de conservação. As possíveis mudanças causadas pela irradiação depende de fatores como: tipo de alimento, dose de radiação a que é exposto, maneira como é envasado e

as condições de tratamento, por exemplo, a temperatura durante a irradiação e o armazenamento. Em geral, contudo os alimentos irradiados nas doses recomendadas, não apresentam diferenças significativas em relação aos não irradiados mas apresentam melhor qualidade higiênica e irão permanecer frescos por mais tempo.

As aplicações da irradiação de alimentos tem por objetivo inibir a germinação de bulbos e tubérculos como batatas, cebola e alho; eliminar insetos e parasitas de frutas, arroz e trigo; estender a vida útil de perecíveis como, por exemplo, morangos, aves, peixes, etc; e reduzir a carga microbiana de temperos, especiarias e vegetais desidratados. A redução da carga microbiana é necessário levar em conta a sensibilidade dos microorganismos frente a radiação, que de maneira geral, pode ser resumida como consta na tabela 6.

Até a década de 80, ovos de galinha sem defeito ou trincados eram considerados bons para consumo, isto é, assépticos. Porém um sorotipo particular de salmonela denominada *S. enteritidis*, começou a infectar os ovários de algumas galinhas e conseqüentemente seus ovos. Através de cozimento é possível matar esta bactéria, mas receitas que usam ovos crus ou ligeiramente cozidos no seu preparo podem provocar diarreia, febre, vômito, dor abdominal, calafrios, cefaléia (KAKU et al., 1995) e nos casos mais

graves artrite, perfurações no colón ou outras complicações levando à morte. O CDC (Centro de Controle de Doenças) dos EUA fez advertências em relação ao consumo de ovos em asilos de idosos, pessoas com sistema imunológico fraco, pacientes transplantados, pessoas com cancer e HIV positivo (ANON., 1998).

**Tabela 6: Sensibilidade à Radiação de Microorganismos**

<b>Organismo</b>	<b>D<sub>10</sub> (kGy)</b>	<b>Produto</b>	<b>Temperatura de irradiação °C</b>
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,16	Carne suína	10
<i>Campilobacter jejuni</i>	0,16	Carne de aves	4
<i>Escherichia coli</i> <i>O157:H7</i>	0,30	Carne bovina	5
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,49	Carne de aves	12
<i>Salmonella typhimurium</i>	0,50	Carne de aves	10
<i>Clostridium botulinium</i>	1,37	Cozido de carne bovina	Temp. ambiente
<i>Coxsackievirus</i>	7,6	Carne bovina	0,5

D<sub>10</sub>: Dose em kGy necessária para eliminar 90% da população microbiana inicial (quanto maior o valor, mais resistente é o microorganismo).

Fonte: Murray et al., Food irradiation: a question of preservation. Chemistry and Industry, 1 June, 1998.

Em 1994, o CDC registrou a maior epidemia de doenças relacionadas com ovos nos EUA, cerca de 224 mil pessoas doentes em 48 estados que consumiram uma marca de sorvete com distribuição em todo país. A mistura desse sorvete não continha ovos, porém foi transportada em um caminhão que anteriormente transportou ovos líquidos ( **ANON.**, 1998).

Em junho de 1998, a USDA revelou que a Salmonela provavelmente deixou cerca de 661.633 pessoas/ano doentes nos EUA, sendo que 661 foram a óbito, o que representa uma taxa de 0,1% ( **ANON.**, 1998).

A irradiação de ovo em pó com doses acima de 10kGy, aparentemente, não produz mudanças na acidez, nem nas vitaminas B<sub>1</sub> ou B<sub>2</sub>. Em lípideos e proteínas, os efeitos são minimizados quando a irradiação é realizada na ausência de oxigênio ( **KATUSIN-RAZEM** et al., 1989). A análise de proteínas, lípideos, carboidratos e ácidos nucleicos tem sido examinados para a detecção de mudanças físico-químicas, e métodos para identificação de alimentos irradiados tem sido desenvolvidos em vários países, utilizando técnicas de detecção de radicais livres, análise de microestrutura, estudos de funções biológicas e análise de microflora. Essas análises também são empregadas com o objetivo de estabelecer métodos de identificação e controle de alimentos irradiados para comércio internacional ( **MUÑOZ** et al.,

1985). Entretanto, nenhum método pode ser aplicado isoladamente para identificação de todos os produtos irradiados.

## **2.4 - Fontes de Radiação Utilizadas**

Radiações ionizantes, são utilizadas industrialmente no tratamento de diversos tipos de materiais, como raios gama, raios-X, e procedentes de aceleradores de elétrons. São assim denominadas, porque a energia emitida é suficientemente alta para desalojar os elétrons dos átomos e moléculas, e assim convertê-los em partículas carregadas eletricamente, as quais são denominadas íons.

Os raios gama, de alta energia, e os raios-X, são semelhantes na sua natureza ondulatória às ondas de rádio, às microondas, aos raios ultravioleta e aos raios de luz visível. Os raios-X tem energias variáveis e são produzidos por máquinas e normalmente com larga faixa de energia de fótons, já os raios gama, com energia específica, são produzidos por desintegração radioativa de certos elementos chamados radionuclídeos

Segundo nossa legislação, só "poderão ser utilizadas nos alimentos as irradiações ionizantes, em geral, cuja energia seja inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no material irradiado". Por esta razão, somente algumas fontes são permitidas:  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , raios-X produzindo fótons de energia não superiores à 5Mev e ainda feixes de elétrons com energia máxima de 10Mev (ICGFI / FAO / WHO / IAEA, 1992). Todas estas fontes produzem radiação com níveis de energia abaixo da necessária para induzir radioatividade mesmo que estes alimentos fossem expostos a doses muito elevadas, o nível máximo de radioatividade induzida seria cerca de 200.000 vezes menor que o nível de radioatividade natural existente nos alimentos. No processo de irradiação, o produto nunca entra em contato com a fonte de radiação (ICGFI, 1990).

As fontes de Cobalto-60 ( $T_{1/2}=5,263$  anos,  $\beta=0,314$  Mev,  $\gamma=1,173$  e  $1,332$ Mev) são as mais utilizadas no processamento de alimentos, onde os raios gama, tem poder de penetração bem maior do que aquele proveniente de feixes de elétrons.

A absorção da radiação eletromagnética pelos tecidos biológicos que constituem o alimento, é uma função da excitabilidade eletrônica das moléculas constituintes. No caso da radiação gama, a excitação eletrônica produzida, é suficiente para ejetar elétrons de seus respectivos orbitais

resultando na ionização molecular. um dos radicais livres mais importantes induzidos pela radiação, é o radical hidroxila (HO<sup>\*</sup>) que está envolvido nas reações de iniciação e propagação, da reação em cadeia responsáveis pelos efeitos da radiação (RILEY, 1994).

A unidade de dose (quantidade de energia absorvida por unidade de massa) utilizada atualmente é o gray:

$$1\text{Gy} = 1\text{joule/kg}$$

cuja equivalência com à unidade usada anteriormente, o rad:

$$100\text{rad} = 1\text{Gy}$$

## 2.5 - Propriedades Reológicas dos Alimentos

A reologia é importante para a tecnologia dos alimentos e pode ser definida genericamente como o estudo da deformação da matéria ou, da mobilidade dos fluidos (BOBBIO & BOBBIO, 1992), sendo que esta

deformação também está relacionada com a quantidade de água presente no alimento.

A reologia é estudada através da medida da viscosidade ou seu inverso, a fluidez, onde viscosidade é a medida da fricção interna de um fluido, ou sua tendência em resistir ao escoamento.(**BOURNE & RAO**, 1986). Esta fricção torna-se aparente à medida que uma camada de fluido é forçada a mover-se em relação a outra camada, sendo que a força necessária para causar este movimento é chamada de força de cisalhamento. O cisalhamento ocorre sempre que o fluido está fisicamente em movimento.

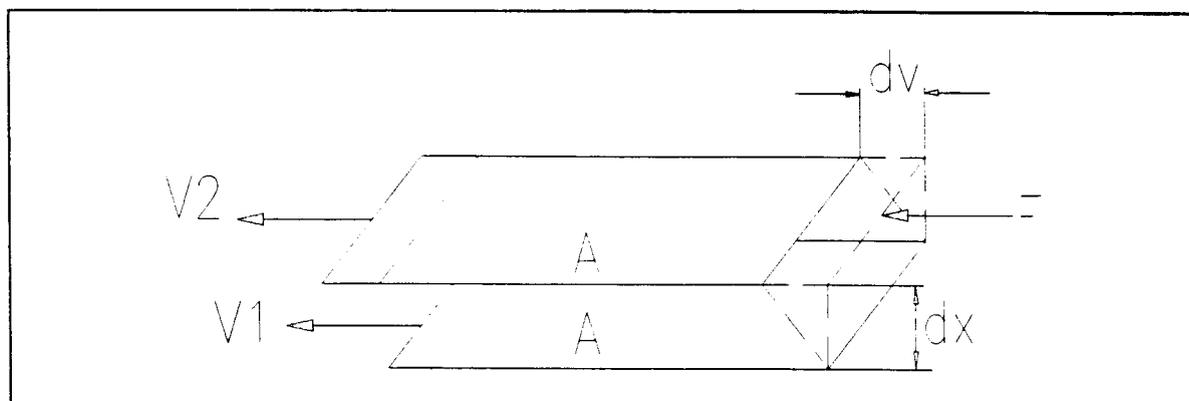


Figura 2 - Diagrama dos parâmetros utilizados na definição de fluidos newtonianos

Isaac Newton definiu viscosidade considerando que duas superfícies paralelas de um fluido de área  $A$ , separadas por uma distância  $dx$  movem-se na mesma direção, com diferentes velocidades  $V1$  e  $V2$ , conforme descrito na Figura 2 (**STREETER**, 1961). Newton assumiu que a força

necessária para manter a diferença de velocidade era proporcional à diferença de velocidade entre as camadas do fluido ou ao gradiente de velocidade. Newton expressou o modelo pela equação 1:

$$F/A = \eta \cdot dv/dx \quad (1)$$

Onde  $\eta$  é uma constante de proporcionalidade intrinsicamente dependente da natureza do fluido, chamada viscosidade. O gradiente de velocidade  $dv/dx$  é a medida de velocidade a qual as camadas intermediárias do fluido movem-se uma relação a outra. Este movimento descreve o cisalhamento experimentado pelo líquido e denomina-se taxa de cisalhamento ( $\gamma$ ). Sua unidade de medida é a “recíproca do segundo” ( $s^{-1}$ ).

O termo  $F/A$  indica a força por unidade de área necessária para produzir a ação do cisalhamento, chamada de força de cisalhamento ( $\sigma$ ). Sua unidade de medida é “dina por centímetro quadrado” ( $\text{dyn} / \text{cm}^2$ ).

Usando os parâmetros anteriormente definidos, pode-se de forma simplificada expressar a viscosidade de um fluido pela equação 2:

$$\eta = \sigma / \gamma \quad (2)$$

A unidade fundamental da medida de viscosidade é o poise (P) e corresponde à viscosidade de um fluido em que o seu grau de velocidade, sob uma tensão tangencial de um dina por centímetro quadrado é igual a um centímetro por segundo de afastamento perpendicular ao plano de deslizamento e equivale a  $10^{-3}$  N.s.m<sup>-2</sup>. No Sistema Internacional a medida de viscosidade é expressa em Pascal-segundos (Pa.s) ou miliPascal-segundos (mPa.s). Onde, um Pascal-segundo é igual a dez poise (P) e um miliPascal-segundo é igual a um centipoise (cP).

A medida da viscosidade é muito utilizada na indústria de alimentos, porque permite aos técnicos controlar a qualidade da matéria prima, por exemplo, nas avaliações das modificações sofridas por estes materiais e condições de formulação do produto durante processamento e análise do produto final, ajudando a reduzir custos dos ingredientes e garantir qualidade como consistência do produto, que é um dos maiores desafios da indústria alimentícia na atualidade. Tornou-se um desafio por causa da sazonalidade de algumas matérias primas, que podem variar de uma estação para outra, e influenciar na viscosidade final do produto.

As propriedades reológicas dos fluidos podem ser caracterizadas através do seu comportamento viscosimétrico. Existem duas categorias de fluidos: *newtonianos*, onde esses fluidos possuem a mesma viscosidade em

diferentes taxas de cisalhamento e são chamados *newtonianos* num determinado intervalo da taxa de cisalhamento; e os *não-newtonianos*, onde a viscosidade destes fluídos depende da taxa de cisalhamento, a sua viscosidade é denominada viscosidade aparente. Ela representa a viscosidade do fluído medida em uma única taxa de cisalhamento ou um único ponto, como se fosse *newtoniano*. Esses fluídos geralmente podem ser classificados como: pseudoplásticos quando a taxa de cisalhamento aumenta, a viscosidade diminui; dilatantes a viscosidade aumenta com aumento da taxa de cisalhamento; plásticos quando o fluído se comporta como sólido na condição de repouso. Para o fluxo ocorrer é necessário uma tensão de cisalhamento inicial (**BOURNE & RAO, 1986/ HOWARD, 1991/ BROOKFIELD**). Por isso, muitos instrumentos comerciais foram desenvolvidos para estudar diversos tipos de alimentos fluídos. O viscosímetro é usado exclusivamente para fornecer informações sobre viscosidade, enquanto o reômetro é um aparelho que fornece informações sobre parâmetros reológicos como mudança na forma e no fluxo do material (**RAO & RIZVI, 1996**).

## **CAPÍTULO 3**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 - Amostras de Ovo Industrializado**

As amostras de ovo industrializado pasteurizado em pó e líquido pasteurizado foram obtidos junto a ITO - Avicultura Indústria e Comércio S.A., em Diadema, SP. As amostras foram acondicionadas sob refrigeração, na própria embalagem, sacos de polietileno contendo 500g de ovo em pó e garrafas plásticas com volume de 1000mL para ovo líquido, fornecida pelo fabricante, sendo que a validade do ovo líquido pasteurizado é de uma (01) semana e do ovo desidratado é de seis (06) meses, ambos sob refrigeração.

As amostras utilizadas seguem especificações técnicas segundo um padrão físico-químico para produtos pasteurizados e desidratados e produtos pasteurizados líquidos ou congelados: clara desidratada de teor de umidade 8% (máximo), pH=6,5-9,0, proteínas 78% (mínimo) e gorduras 0,3% (máximo); gema

desidratada de teor de umidade 4% (máximo), pH=5,5-7,0, proteínas 30% (mínimo), gorduras 57% (mínimo) e colesterol 2.900mg/100g; e ovo integral desidratado de teor de umidade 4% (máximo), pH=6,5-9,0, proteínas 45% (mínimo), gorduras 40% (mínimo) e colesterol 1.900mg/100g (ITO).

### 3.2 - Irradiações

Amostras pesando aproximadamente 50g de ovo integral, clara e gema desidratados, acondicionadas em sacos plásticos (polietileno), foram submetidas à irradiação gama, do Departamento de Aplicações de Técnicas Nucleares do IPEN-CNEN/SP, em fonte de  $^{60}\text{Co}$  do tipo panorâmica, fabricada por Yoshigawa Kiko LTD, com atividade de 2529,923Ci e taxa de dose de 1,289kGy/h, a uma distância de 5cm da fonte, nas doses de 0; 0,5; 1,5; 2,5 e 3,5kGy, em temperatura ambiente e à seco. O mesmo procedimento foi realizado para doses de 5, 15 e 25kGy.

As amostras de ovo líquido pasteurizado foram submetidas à irradiação gama, do Departamento de Aplicações de Técnicas Nucleares do

IPEN-CNEN/SP de  $^{60}\text{Co}$  numa Gammacell 220, Atomic Energy of Canada LTD. A atividade aproximada da fonte era de 480Ci e a taxa de dose de 0,3kGy/h. Foram utilizadas doses de 0, 1, 2, 3 e 4kGy em condições pré-determinadas de temperatura e na presença de oxigênio, em tubos de ensaio, identificados e fechados com parafilm 'M' produzido pela American Can Company, Marathon Products, Neenah, Wiscosin, USA.

### 3.3 - Dosimetria

A dosimetria foi realizada usando dosímetros do Harwell Laboratory, fabricação do Reino Unido, sendo utilizado dosímetro do tipo Gammachrome YR Batch 5, para faixa de dose de 0,1 a 3kGy e outro do tipo Amber 3042 Batch H, para doses de 1-30kGy, do mesmo laboratório.

Dosímetros foram locados na parte anterior e posterior das embalagens das amostras de ovo integral, gema e clara. Logo em seguida à irradiação foram realizadas as leituras dosimétricas em espectrofotômetro UV-1601-UV-Visible, SHIMADZU, associado a um software o qual forneceu dados de

absorbância em %, através de comprimento de onda de 530nm para dosímetro Gammachrome YR e comprimento de onda utilizado de 603 e 651nm para Amber 3042, conforme informações de boletim técnico do fabricante (HARWELL, 1995). Foram estabelecidas curvas de calibração dos dosímetros. Os fatores de uniformidade de dose são da ordem de 1,50 para a fonte panorâmica e de 1,13 para a Gammacell 220.

### **3.4 - Viscosimetria**

Cada tratamento de irradiação foram utilizadas 02 (duas) amostras de ovo pasteurizado desidratado clara, gema e integral, e 05 repetições desses tratamentos. Para doses de 0, 0,5, 1,5, 2,5 e 3,5kGy, essas amostras foram reconstituídas aos teores de sólidos totais correspondentes: clara, 11% (mínimo), gema, 43% (mínimo) e integral, 23% (mínimo), conforme boletim técnico informativo do fabricante, e para doses de 5, 15 e 25kGy, as amostras foram reidratadas em 10% (p/p), esse percentual foi escolhido devido a dificuldade de se reconstituir essas amostras, e todas as amostras foram analisadas em viscosímetro Brookfield Mod. DV III-Programmable Rheometer, com leitura digital,

que é um viscosímetro concêntrico rotacional, geralmente utilizado para medida de viscosidade de fluídos *não-newtonianos*, o qual mede o torque necessário para rotacionar uma haste metálica cilíndrica denominada spindle, que é imersa no fluído. O spindle é acionado por um motor sincronizado através de uma mola calibrada que imprime uma taxa de cisalhamento (shear rate) específica. A resistência do fluxo, viscosidade, é indicada pela deflecção da mola que é proporcional a velocidade de rotação do spindle, tamanho e forma geométrica.

O intervalo de tempo utilizado para estabilização de cada leitura foi igual a 30 segundos, onde a leitura na tela do instrumento é convertida diretamente em unidades de centipoise (cP). O viscosímetro utilizado é acompanhado de uma interface que está acoplada a um microcomputador (tipo PC-modelo 386 SX, 33 MHz), com um software (Rheocalc) que fornece todas as informações necessárias sobre o fluído teste, como por exemplo: viscosidade, taxa de cisalhamento aplicada, tensão de cisalhamento gerada na amostra, temperatura da amostra, torque percentual gerado, índice de consistência da amostra, etc., além das equações características do comportamento viscosimétrico de cada fluído à partir de uma única, ou intervalo de taxa de cisalhamento aplicada.

A viscosimetria das amostras de ovo líquido pasteurizado, foi realizada num shear stress (tensão de cisalhamento) de 11,5 dinas/cm<sup>2</sup> para clara, e shear stress de 12,5 dinas/cm<sup>2</sup> para gema e integral; os spindles utilizados para ovo líquido foram SC4-18 para integral e clara, e spindle SC4-31 para gema.

Já a viscosimetria das amostras de ovo pasteurizado em pó para doses de 0, 0,5, 1,5, 2,5 e 3,5kGy, reconstituídos aos teores citados anteriormente, os spindles utilizados foram para a gema o SC4-14 realizado numa tensão de cisalhamento de 200dinas/cm<sup>2</sup>; para clara spindle SC4-18 e 10dinas /cm<sup>2</sup> e spindle SC4-31 para integral em tensão de cisalhamento variando entre 20 e 35dinas/cm<sup>2</sup>, a variação da tensão de cisalhamento foi necessária neste caso porque ocorre diferenciação na mistura do ovo integral em pó. Segundo o fabricante a mistura de clara e gema é feita de acordo com a necessidade da indústria que irá utiliza-lá, às vezes com maior proporção de clara e outras com maior proporção de gema. Para doses de 0, 5, 15 e 25kGy, de ovo em pó reidratado na concentração de 10% (p/p), utilizou-se spindle SC4-31 para clara, spindle SC4-18 para gema sendo utilizado em ambos shear stress de 7dinas/cm<sup>2</sup> e spindle SC4-18 para integral e shear stress de 10dinas/cm<sup>2</sup>. Utilizando um adaptador de pequenas amostras para uma série de shear rate (taxa de cisalhamento) aplicada dentro das especificações do viscosímetro, às

temperaturas do banho termostaticado Neslab RTE 210 ( $-30^{\circ}\text{C}$  a  $130^{\circ}\text{C}$ ) de  $5,0^{\circ}$ ,  $15,0^{\circ}$  e  $25,0^{\circ}\text{C}$ . As medidas da viscosidade foram realizadas no dia seguinte à irradiação.

### **3.5 - Espectrofotometria**

Cerca de 2g de amostras de gema em pó irradiadas, nas doses de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 5; 15 e 25kGy, foram diluídas em 20mL de Etér de Petróleo  $30^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  P.A.

Este experimento foi realizado em Espectrofotômetro-UV-Visível mod. DMS-80, INTRALAB, acoplado a um software tendo fornecido dados de absorbância e comprimento de onda.

## CAPÍTULO 4

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram estudados os efeitos da radiação ionizante na viscosidade em amostras de clara em pó conforme tabelas 7 e 8 (Figuras 3 e 4), clara líquida, tabela 9 (Figura 5), gema em pó, tabelas 10 e 11 (Figuras 6 e 7), gema líquida, tabela 12 (Figura 8), ovo integral em pó, tabelas 13 e 14 (Figuras 10 e 11) e ovo integral, líquido tabela 15 (Figura 11).

As doses máximas para irradiação de ovos e produtos de ovos permitidas em legislação de outros países variam de 3, 4, 5 e 10kGy (tabela 5). Por esse motivo, diferentes doses foram utilizadas, inclusive doses acima de 10kGy, visto que a legislação sobre irradiação de alimentos se encontra em processo de revisão, inclusive no Brasil.

A radiação ionizante altera as propriedades reológicas dos macronutrientes do alimento, e as amostras de ovo industrializado desidratado, clara, gema e integral, apresentaram comportamentos diferentes frente a irradiação. As macromoléculas constituintes do ovo são afetadas de maneira diversa dependendo de sua natureza: proteína, carboidrato ou lipídeo. A polimerização ou agregação e a degradação por radiação tornam-se evidentes para os diversos valores de dose absorvida, dependendo da estrutura complexa desses 3 tipos de moléculas bem como nas possíveis associações entre elas. O aumento da viscosidade estaria associado ao aumento do grau de polimerização ou agregação com aumento do peso molecular. Inversamente a diminuição da viscosidade implicaria numa predominância da degradação induzida pela radiação.

Para o nosso trabalho foram estabelecidos valores de viscosidade em temperaturas de leitura, 5,0°, 15,0° e 25,0°C em função da dose de radiação para clara, gema e ovo integral industrializado desidratados e líquidos.

A obtenção dos dados através da tensão de cisalhamento (shear stress), permite a comparação de fluídos com viscosidades diferentes, o que é impossível quando se aplica uma mesma taxa de cisalhamento.

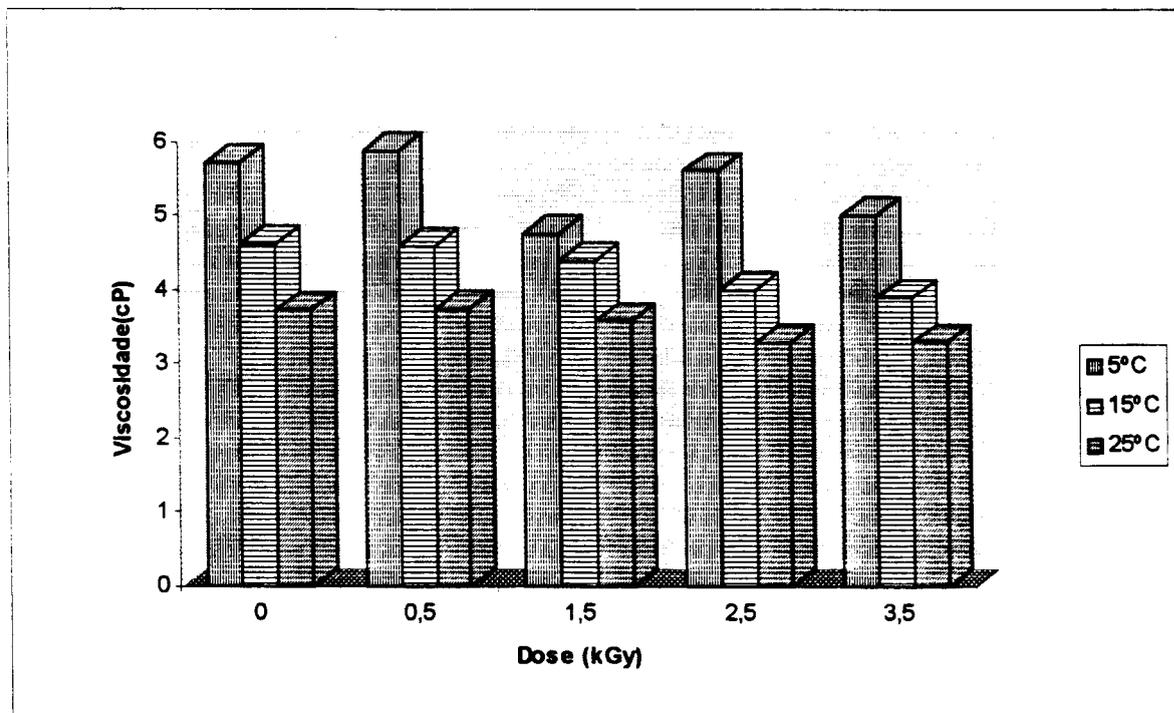
Constam da tabela 7 os resultados referentes a viscosidade media aparente de clara de ovo em pó irradiada com doses crescentes de radiação gama de 0,5 à 3,5kGy.

**Tabela 7: Viscosidade Aparente de Clara em Pó - "shear stress" 10dy/cm<sup>2</sup>**

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	5,71±0,138	4,63±0,027	3,73±0,027
0,5	5,89±0,009	4,60±0,009	3,74±0,005
1,5	4,75±0,009	4,39±0,033	3,59±0,050
2,5	5,62±0,118	3,99±0,041	3,30±0,014
3,5	5,02±0,027	3,90±0,027	3,31±0,041

Pelos resultados obtidos na tabela acima, podemos observar que a radiação não induziu mudanças na viscosidade da clara em pó superior a 19%, para leituras realizadas à 5,0°, 15,0° e 25,0°C de temperatura, em relação ao controle, amostra sem irradiar. No entanto, a medida que aumentava-se a temperatura de leitura, observou-se que a viscosidade diminuía independentemente do tratamento. Esse fato provavelmente pode estar relacionado diretamente com a degradação dos constituintes da clara do ovo provocado por aumento de temperatura. Esses resultados são melhores elucidados pela Figura 3.

**Figura 3:** Variação da viscosidade aparente de Clara em Pó submetida à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  - "shear stress"  $10\text{dy/cm}^2$ .

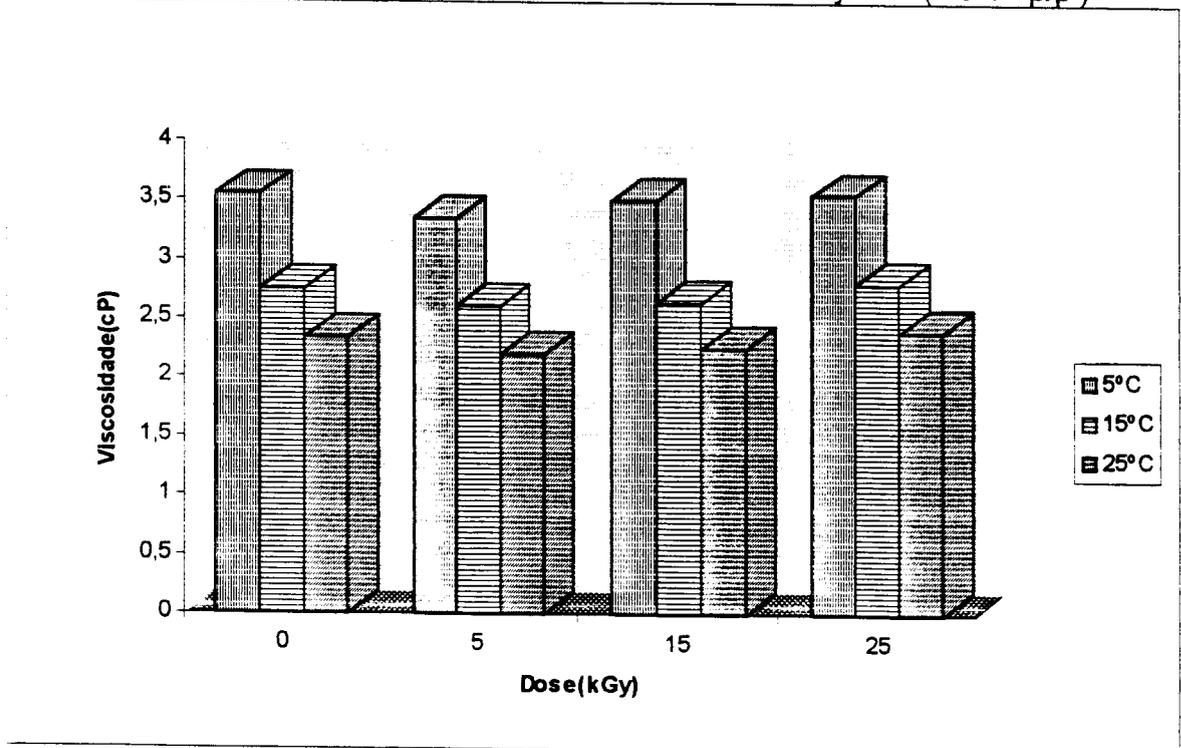


Na tabela 8 constam os resultados obtidos no experimento com altas doses, de 0 até 25kGy. Pelos resultados obtidos nota-se que ocorreu pequena mudança na viscosidade aumentando cerca de 5% à 5,0°C e apenas 2% para leituras de 15,0°C e 25,0°C, sempre considerando amostra não irradiada e dose de 25kGy. Estes resultados são melhores visualizados através da figura 4.

**Tabela 8:** Viscosidade Aparente de Clara em Pó em dose elevadas- "shear stress" 7 dy/cm<sup>2</sup> ( 10% - p/p)

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	3,55±0,050	2,75±0,050	2,35±0,050
5	3,35±0,050	2,60±0	2,20±0
15	3,50±0,100	2,65±0,050	2,25±0,050
25	3,55±0,050	2,80±0,100	2,40±0

**Figura 4:** Variação da viscosidade aparente de Clara em Pó submetidas à radiação gama de <sup>60</sup>Co em doses elevadas - "shear stress" 7 dy/cm<sup>2</sup> ( 10% - p/p )



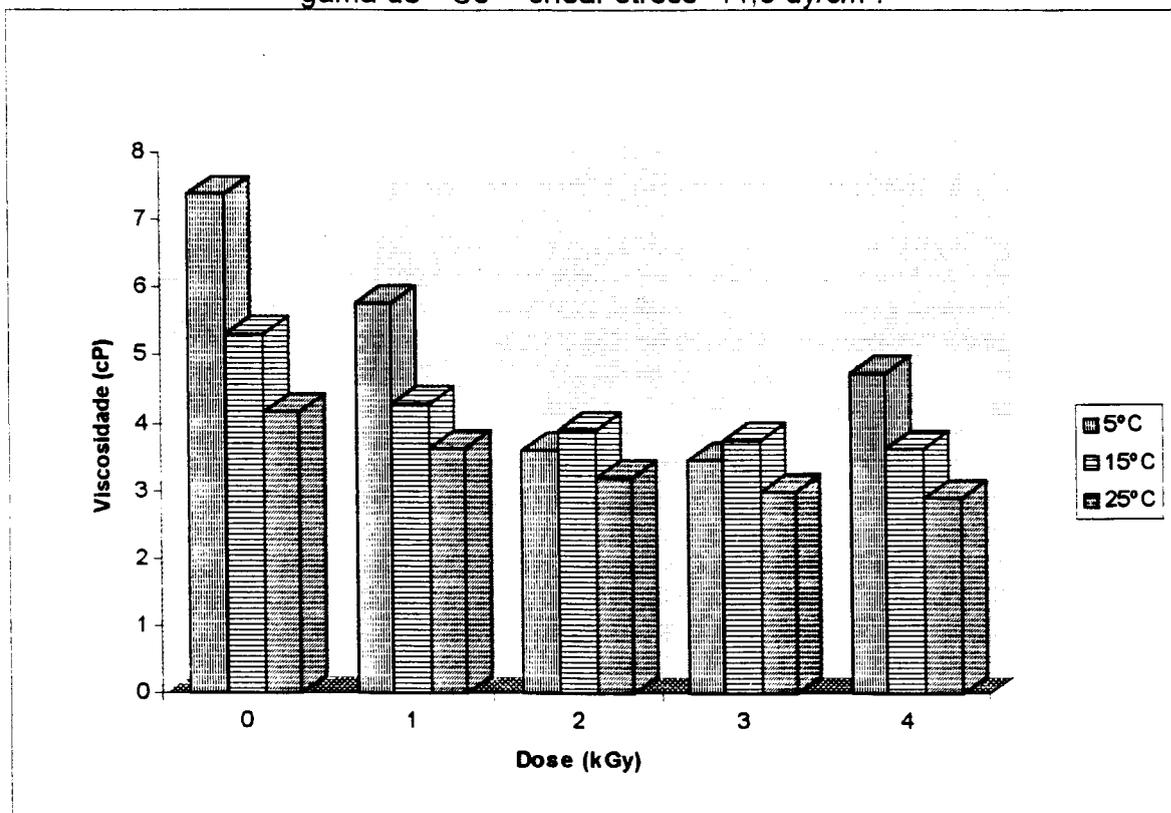
Em relação ao comportamento viscosimétrico da clara líquida, observou-se que a viscosidade foi diminuindo a medida que aumentava-se a

dose de radiação, para todas as temperaturas 5,0°C, 15,0°C e 25,0°C. Analisando dose controle e maior dose aplicada 4kGy, percebe-se que houve diminuição gradativa da viscosidade com excessão a 5,0°C onde esta variação chega a 56% do valor inicial e 31% e 30% para temperaturas de 15,0°C e 25,0°C, conforme constatado na tabela 9, e observado através da figura 5.

**Tabela 9: Viscosidade Aparente de Clara Líquida - "shear stress" 11,5 dy/cm<sup>2</sup>**

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	7,38±0.035	5,31±0,072	4,15±0,235
1	5,76±0,055	4,29±0,060	3,63±0,245
2	3,61±0,010	3,91±0,010	3,20±0,065
3	3,46±0,040	3,74±0,040	2,99±0,070
4	4,73±0,015	3,63±0,015	2,89±0,020

Figura 5: Variação de viscosidade aparente de Clara líquida submetidas à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  - "shear stress"  $11,5 \text{ dy/cm}^2$ .



Para o estudo da clara notou-se que a maior variação de viscosidade ocorre para clara líquida, enquanto para clara em pó o efeito da radiação não é relevante, ou seja a viscosidade quase não é alterada, conforme resultados obtidos nas tabelas 7, 8 e 9 e representados nas figuras 3, 4 e 5. Estes resultados estão de acordo com **Ma et al., 1993**, que estudou o efeito da radiação gama sobre as propriedades funcionais de produtos de ovos líquidos congelados, concluindo que para clara líquida congelada através de eletroforese

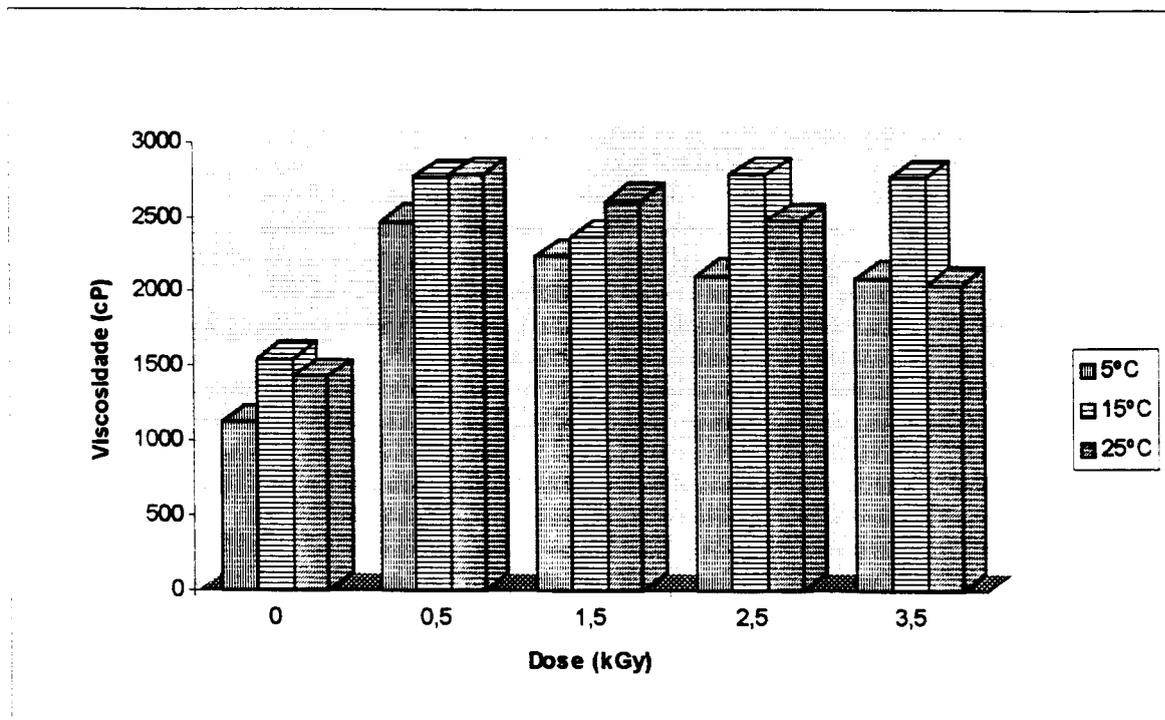
e da calorimetria diferencial exploratória, que as proteínas da clara não são afetadas na irradiação. Relatou que na gema líquida congelada houve redução significativa de viscosidade para doses de 1-4kGy. Houve alteração de sabor para gema e ovo inteiro já o mesmo não ocorrendo com a clara. As propriedades funcionais (espuma, emulsificação e gelificação) são ligeiramente diminuídas, e que doses de 2-4kGy são efetivas para pasteurizar produtos de ovos líquidos.

Na gema em pó reconstituída (43%), a variação de viscosidade aparente é aumentada quando a amostra é irradiada com dose de 0,5 à 3,5kGy. Este aumento chega a 44%, 32% e 45% à 5,0°C, 15,0°C e 25,0°C, respectivamente, em relação a amostra não irradiada, que é melhor visualizado na figura 6 e valores que constam da tabela 10.

**Tabela 10:** Viscosidade Aparente de Gema em Pó - "shear stress" 200 dy/cm<sup>2</sup>

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	1.551,91±45,282	1.429,41±26,488	1.122,22±11,457
0,5	2.768,84±23,848	2.780,26±0,439	2.472,52±20,732
1,5	2.605,71±67,708	2.362,67±29,134	2.240,55±38,385
2,5	2.780,18±27,306	2.474,49±14,583	2.106,74±2,341
3,5	2.769,03±16,469±	2.088,03±70,022	2.055,11±39,715

Figura 6: Variação da viscosidade aparente de Gema em pó submetidas à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  - "shear stress" 200 dy/cm<sup>2</sup>.

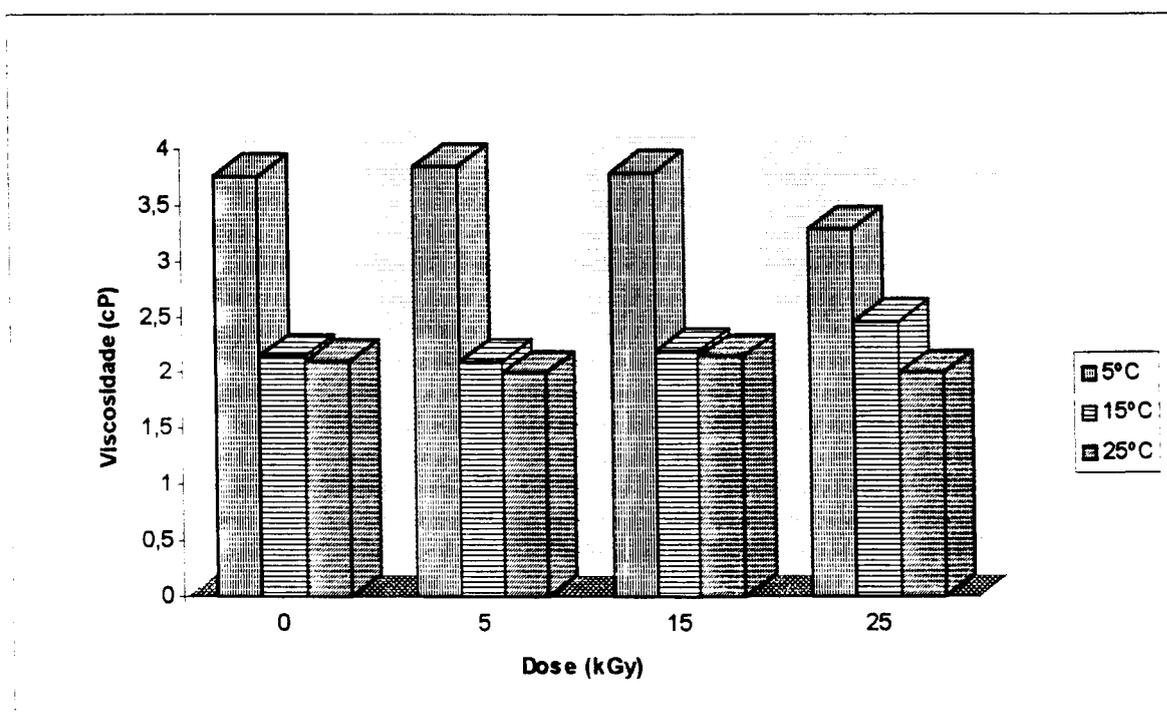


O comportamento reológico da gema em pó irradiada com doses de 0 a 25kGy, mostrou algumas diferenças dependendo da dose aplicada. A 5,0°C a viscosidade diminuiu em torno de 12% em relação ao controle das amostras irradiadas com 25kGy. A 15,0°C a viscosidade também diminuiu e esta variação girou em torno de 12%. Já a 25,0°C se manteve praticamente constante com discreto aumento de viscosidade, como visto na figura 7, e observado na tabela 11.

**Tabela 11: Viscosidade Aparente de Gema em pó em doses elevadas - "shear stress"  
7 dy/cm<sup>2</sup> ( 10% - p/p)**

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	3,75±0,250	2,45±0,050	2,10±0
5	3,85±0,050	2,10±0,100	2,10±0
15	3,80±0,100	2,20±0	2,15±0,050
25	3,30±0,400	2,15±0,250	2,00±0

**Figura 7: Variação da viscosidade aparente de Gema em Pó submetidas à radiação gama de <sup>60</sup>Co em doses elevadas - "shear stress" 7 dy/cm<sup>2</sup> ( 10% - p/p).**



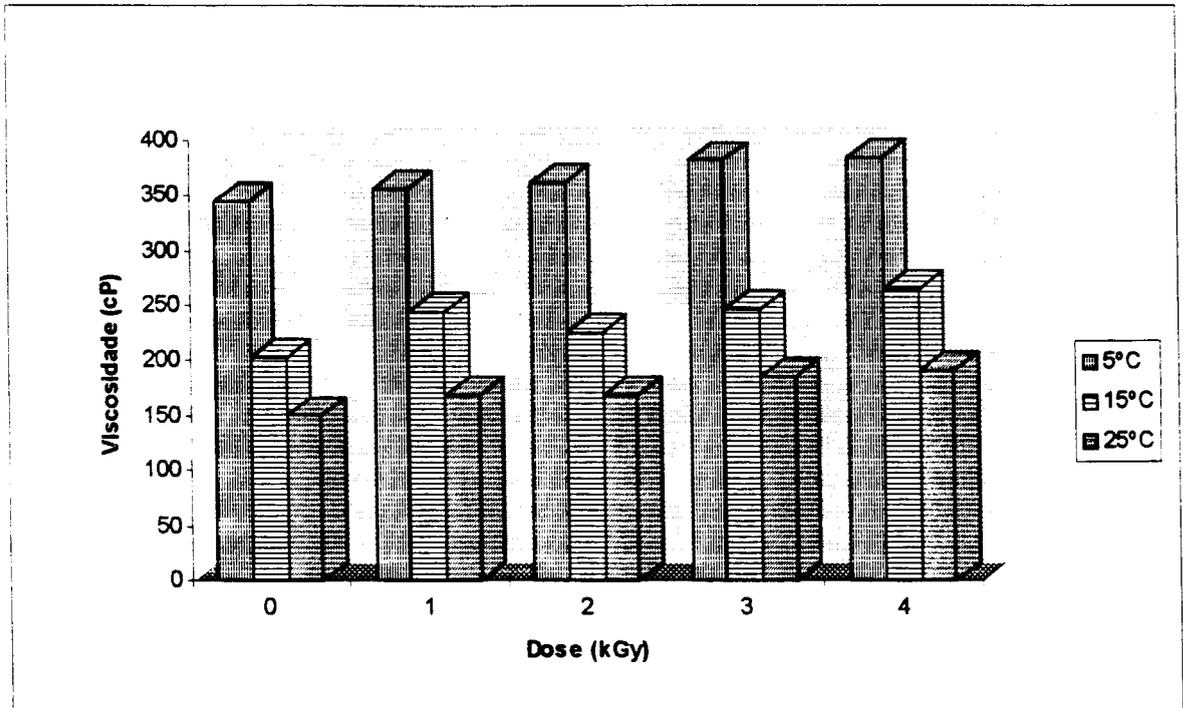
Nas amostras de gema em pó, pode-se observar pela figura 6, que houve um aumento acentuado da viscosidade já para dose de 0,5kGy onde provavelmente ocorre agregação, porém a medida que aumenta-se as dose de radiação, valores de viscosidade não foram diferentes. Já com doses acima de 5kGy isso não ocorreu como visto na figura 7, e para esses valores de doses, provavelmente não houve grande ação da radiação sobre a viscosidade da gema em pó.

Na gema líquida ocorreu um aumento de viscosidade nas doses aplicadas de 0 à 4kGy, sendo aumento de 10%, 23% e 21% em relação a amostra controle para 5,0°C, 15,0°C e 25,0°C, respectivamente (tabela 12). Neste caso, também pode-se considerar que a viscosidade não é muito alterada, isto é melhor observado pela figura 8.

**Tabela 12: Viscosidade Aparente de Gema Líquida - "shear stress" 12,5 dy/cm<sup>2</sup>**

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	344,73±3,165	202,73±4,925	150,75±2,850
1	355,56±2,014	245,00±2,600	168,85±3,950
2	361,36±4,535	225,55±1,950	168,23±6,225
3	381,87±3,925	246,75±5,586	185,25±0,950
4	384,32±4,785	265,05±4,150	191,05±1,450

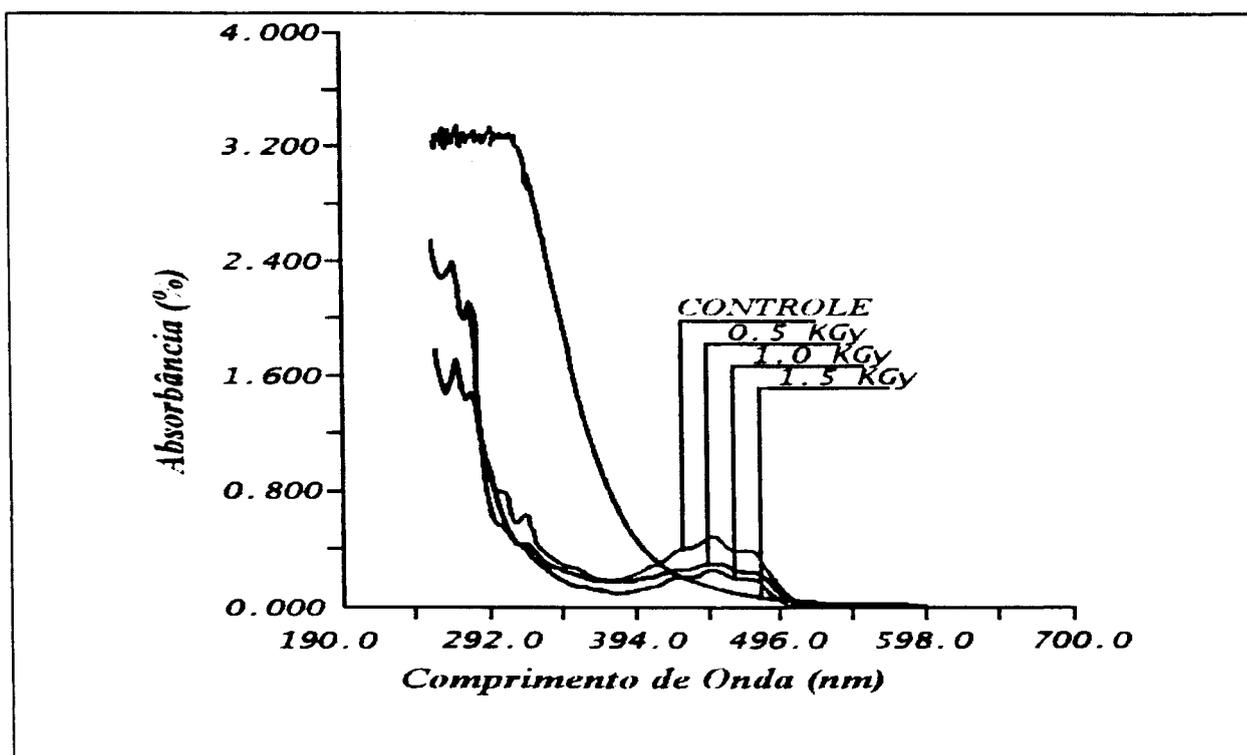
**Figura 8:** Variação da viscosidade aparente de Gema líquida submetidas à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  - "shear stress" 12,5 dy/cm<sup>2</sup>



TELLEZ, et al., 1995, observou significativa redução na coloração da gema e ovos em casca nos níveis de radiação aplicados, com doses de 1, 2 e 3kGy. O mesmo fato ocorreu com as amostras de gema em pó irradiadas com doses de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 5; 15 e 25kGy. Através da espectrofotometria realizada nestas amostras e devido a mudança visual de coloração observada, foram feitas leituras comparativas da gema diluída e o solvente puro, para se saber qual o valor de dose que ocorreria mudança de coloração da gema. Nos resultados obtidos pode-se observar que na dose de 1,5kGy, no comprimento de

onda de 445nm, o pico relacionado a coloração desaparece, por isso não foi considerado valores de dose acima de 1,5kGy. Isto é melhor observado no gráfico absorvância x comprimento de onda, conforme figura 9.

**Figura 9:** Absorvância(%) x Comprimento de onda (nm)



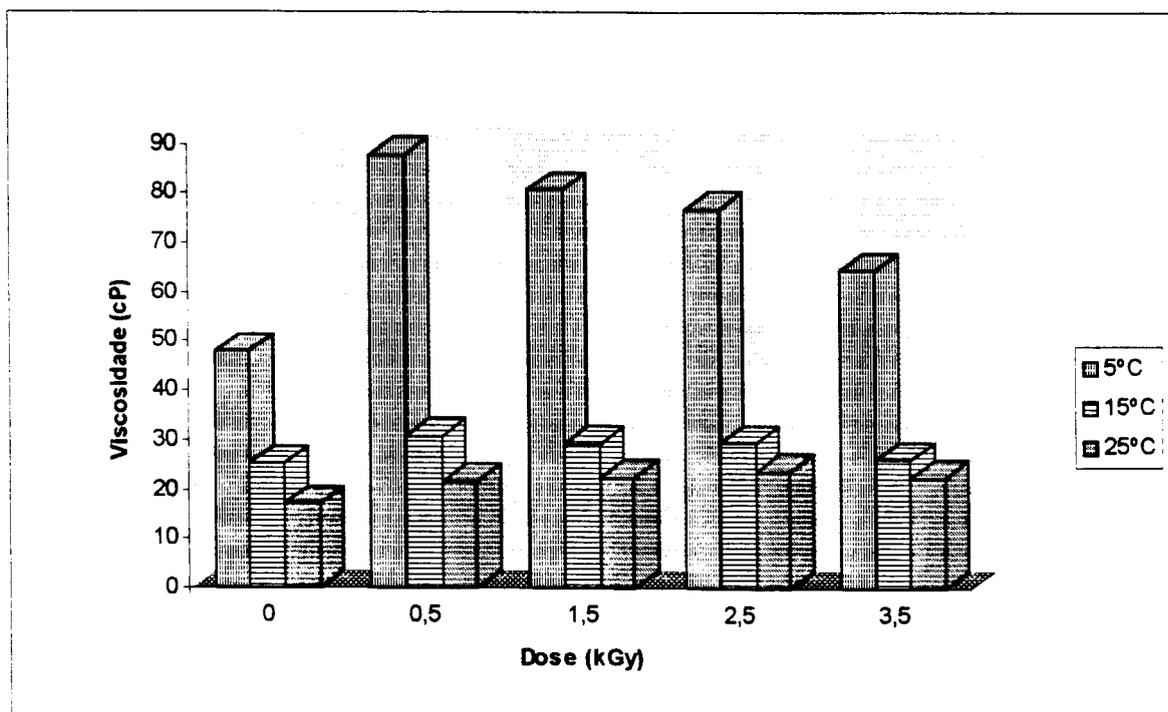
No ovo integral em pó para doses de 0 à 3,5kGy, a viscosidade aumentou, isto é, quase dobrou de valor em relação ao controle para dose de 0,5kGy à temperatura de 5,0°C. Com o aumento da dose porém, a viscosidade diminuiu, sendo que para temperatura de 5,0°C, ocorreu a maior variação 25%. Para as leituras de 15,0°C e 25,0°C mesmo aumentando a viscosidade, as variações foram menores. Os resultados se apresentaram com maior estabilidade

a temperatura de 15,0°C com variação de apenas 3% do valor inicial, como pode ser visto na figura 10 e pela tabela 13.

**Tabela 13:** Viscosidade Aparente do Ovo Integral em Pó - "shear stress" 20;35dy/cm<sup>2</sup>

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	47,89±0,352	25,24±0,143	17,18±0,115
0,5	87,72±0,916	30,94±0,413	21,53±0,028
1,5	80,85±0,350	29,17±0	22,32±0,178
2,5	76,95±0,946	29,33±0,509	23,73±0,843
3,5	64,47±0,445	26,08±0,453	22,34±0,380

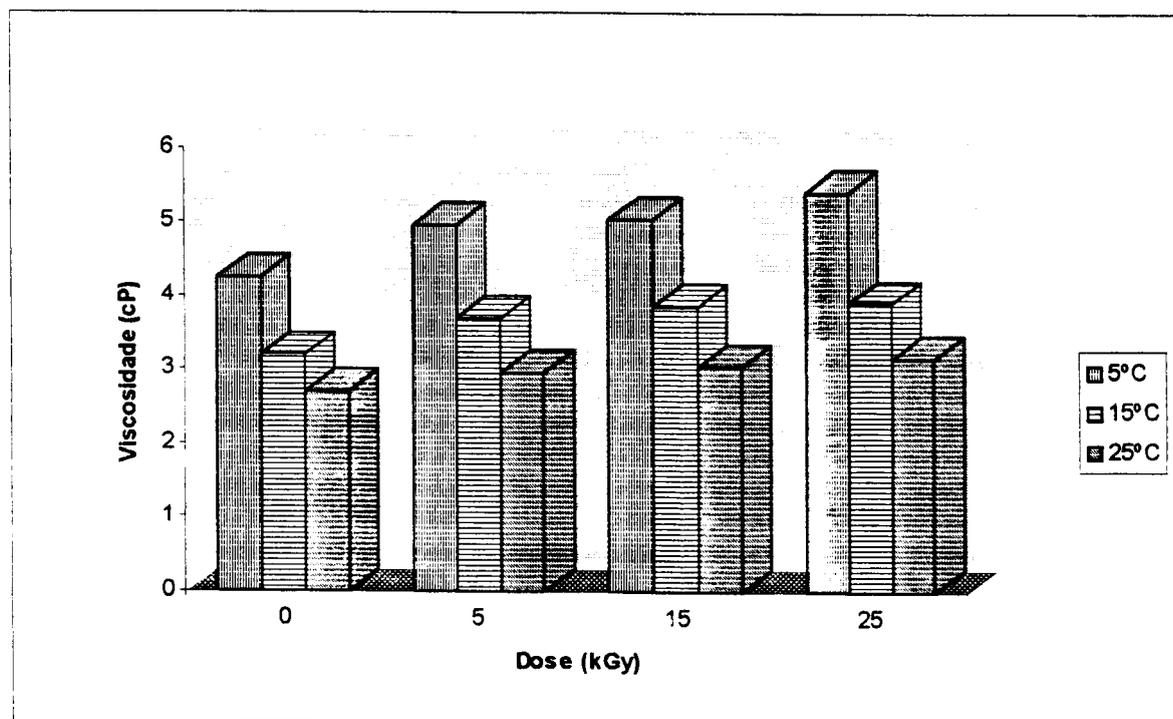
**Figura 10:** Variação da viscosidade aparente de ovo integral em pó submetido à radiação gama de <sup>60</sup>Co - "shear stress 20;35dy/cm<sup>2</sup>".



**Tabela 14:** Viscosidade Aparente de Integral em Pó em doses elevadas - "shear stress"  
10 dy/cm<sup>2</sup>

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	4,25±0,050	3,20±0	2,70±0,100
5	4,95±0,150	3,70±0,100	2,95±0,050
15	5,05±0,350	3,85±0,150	3,05±0,122
25	5,40±0,400	3,90±0,100	3,15±0,050

**Figura 11:** Variação da Viscosidade aparente de ovo Integral em pó submetido à radiação gama de <sup>60</sup>Co em doses elevadas - "shear stress" 10 dy/cm<sup>2</sup>



Para valores de doses de 0 à 25kGy, como pode ser visto acima na tabela 14 e visualizado na figura 11, notou--se um aumento da viscosidade em

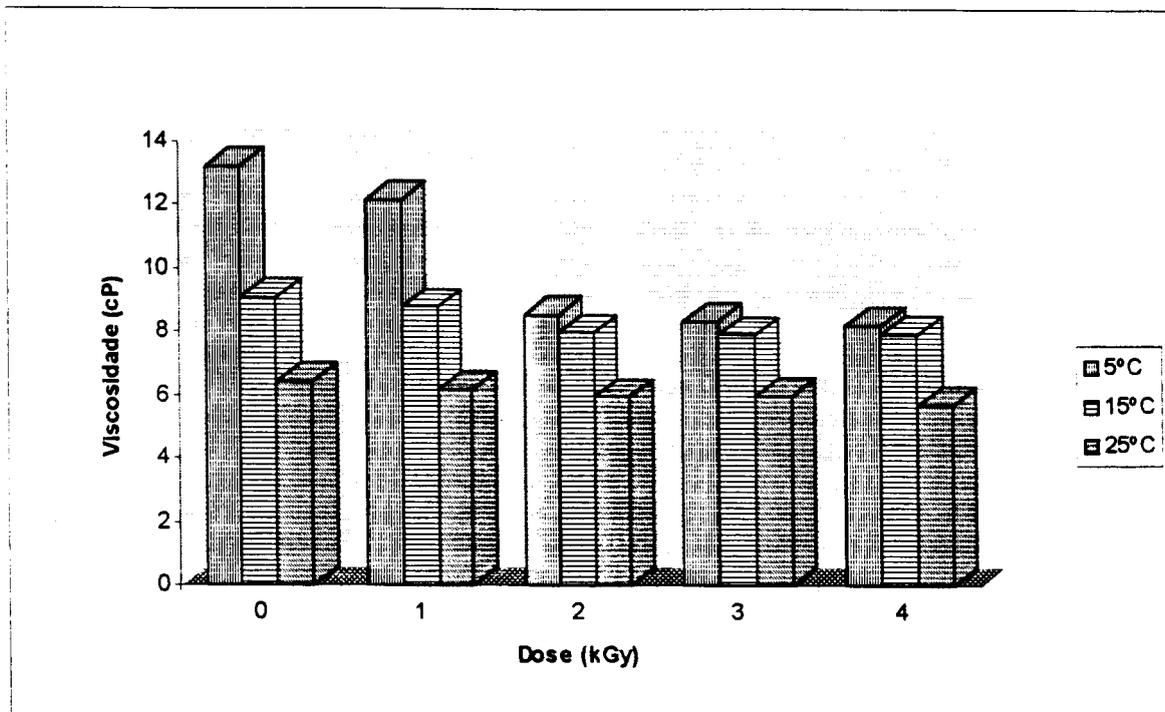
todas as temperaturas de leitura e sendo estes em torno de 21%, 18% e 14% para 5,0°C, 15,0°C e 25,0°C.

No ovo integral líquido através da tabela 15 e figura 12, a maior variação de viscosidade também foi observada para temperatura de 5,0°C onde a diminuição da amostra não irradiada para irradiada com dose de 4kGy é de cerca de 15%. Já para as temperaturas de 15,0°C e 25,0°C, a queda de viscosidade foi em torno de 14% e 12%. Estes resultados estando de acordo com os de **HERALD** et al., 1989 que pesquisou as propriedades reológicas de ovo integral líquido congelado durante armazenagem. A viscosidade aparente mudou com a temperatura de pasteurização e com isso concluiu que estas mudanças estão relacionadas com a funcionalidade das proteínas e que ocorreu um aumento desta viscosidade quando as amostras foram descongeladas por aquecimento.

**Tabela 15:** Viscosidade Aparente de Ovo Integral Líquido Pasteurizado - "shear stress"  
12,5 dy/cm<sup>2</sup>

Dose (kGy)	Viscosidade (cP)		
	5°C	15°C	25°C
0	13,23±0,435	9,07±0,275	6,42±0,0070
1	12,14±0,435	8,77±0,050	6,18±0,010
2	8,54±0,065	7,98±0,145	5,94±0,035
3	8,33±0,045	7,91±0,145	5,96±0,020
4	8,19±0,355	7,93±0,005	5,73±0,060

Figura 12: Variação da viscosidade aparente ovo Integral líquido submetido à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  - "shear stress"  $12,5 \text{ dy/cm}^2$ .



Diversos estudos com ovos e produtos de ovos tem sido realizados nos últimos anos. Vários autores tem estudado as propriedades dos ovos não irradiados e irradiados. Em 1993, **VON GRABOWSKI & PFORDT** estudaram os efeitos analíticos relacionados à detecção de alimentos processados por irradiação e detectaram substâncias formadas pela degradação de gorduras em ovos irradiados importados ilegalmente pela Alemanha.

Propriedades reológicas de ovos e produtos de ovos também tem sido bastante estudadas. **SCALZO** et al., 1970, estudou a viscosidade, de ovos e

seus produtos, e o comportamento dos fluídos sendo classificados em *Newtoniano* e *não-Newtoniano*, durante o processo de pasteurização, utilizando viscosímetro tubo capilar. Concluíram que produtos comerciais de ovos líquidos tem comportamento *Newtoniano* e para temperatura acima de 60°C, ocorre mudanças abruptas de viscosidade, resultando em desnaturação de proteínas.

**KATUSIN-RAZEM** et al., 1992, estudaram o efeito da radiação na estrutura química de ovos desidratados e seus produtos, e concluíram que para gema e ovo inteiro, irradiados em presença de oxigênio, ocorreu degradação dos componentes lipídicos e destruição de carotenóides. E como consequência prática, o uso da radiação para descontaminação pode ser feito na presença de ar, porém não deve exceder a 2,5kGy o que provocaria extensa degradação. Esta dose é adequada para redução de fator de  $10^3$  de Salmonela, sendo que 3kGy é o ideal não provocando mudanças organolépticas.

Em ovo cru a radiação gama é efetiva para reduzir (dose de 1kGy) ou eliminar (dose maior ou igual a 2kGy) *S. enteritidis* conforme estudo de **TELLEZ** et al., 1995. **MATIC** et al., 1990, concluíram que dose de 2,4kGy seria a dose efetiva para redução de um fator de  $10^3$  UFC/g (Unidade Formadora de Colônia por grama) em amostras de ovo em pó inoculados com cepas de

*Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis* e *S. lille* em duas concentrações diferentes de  $10^4$  UFC/g e  $10^2$  UFC/g.

Em clara sem diluição, irradiada com doses de 3-4 Mrad ou na unidade atual 30-40kGy, ficou constatado mudanças físicas visuais no produto, como aumento de viscosidade. A radiação pode ser um complemento para esterilizar ovos líquidos inteiros e produtos de ovos ( **FOSSUM & UNDERDAL, 1973** ).

## CAPÍTULO 5

### **Conclusão**

As mudanças produzidas pela radiação nas propriedades viscosimétricas do ovo industrializado, tanto líquido quanto em pó, não parecem relevantes, nas doses permitidas pela legislação internacional, com exceção da gema em pó onde o efeito da radiação provoca um aumento de viscosidade bastante acentuado para a dose de 0,5kGy.

A irradiação pode ser um método prático de pasteurização a frio, sendo que mais estudos devem ser feitos no Brasil, para verificar os efeitos da radiação ionizante em outras propriedades funcionais.

## CAPÍTULO 6

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANON. / APA** - Revista Aves & Ovos - Relatório Mensal, nº 8, p.19-23, junho,1991.

**ANON. BOLETIM EMBRARAD.** Apreciação sobre Radiação Gama X Óxido de Etileno (ETO). nº 18, 1993.

**ANON.** Folder - Egg - The Dream Ingredient! Food Tech., vol.52, nº 6, June,1998.

**ANON.** J. Gazeta Mercantil, Saúde. Há muito mais que nutrientes no ovo de galinha. p.A-14, 07/07/1998.

**ANON.** Notícias do CDC - Surtos de Infecção por *Salmonella* Sorotipo *Enteritidis* Associados ao Consumo de Ovos Crús - EUA. Rev. Jama.Gastro, 1994-1995, vol.5, p.754-759, Março/Abril, 1997.

**ANON.** Princípios de Esterilização de Alimentos - Manual Técnico 10 - 2ª Ed., p. 17, Campinas - SP - 1995.

**BANWART, G.J.** Basic Food Microbiology . AVI Publ. Company, Westport. Conn., USA, 1979

**BEAUCHAT, L.R.** Influence of water activity in growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. J. Food Prot. nº 46, p. 135-141, 1983.

**BOBBIO, P.A. & BOBBIO, F.O.** Química do Processamento de Alimentos, 2ª Ed., Liv. Varela, São Paulo, p. 2, 1992.

**BOCCIA, P.** - Colesterol. Revista Saúde, p.38-50, abril, 1997.

**BOURNE, M.C. & RAO, M.A.** Viscosity measurements of food. In **FUNG, D.Y.C. & MATHEWS, R.F.** Instrumental methods for quality assurance in food New York, 1986.

**BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES.** More solution to sticky problems. Stoughton, Massachussetts.

**CHEFTEL, J.C. & CHEFTEL, H.** Introducción a la Bioquímica y Tecnologia de Alimentos. Vol 1. Ed. Technique et Documentación, Version espanhola, Ed. Acribia, Zaragoza, 1976, p.325.

**D.O.U.** - Diário Oficial da União - Decreto nº 72.718 de 29 de agosto de 1973, Seção I, Parte I, 30 / 08 / 1973.

**D.O.U.** - Diário Oficial da União - Portaria nº 30 de 25 de setembro de 1989, Seção I, 28 / 09 / 1989.

**D.O.U.** - Diário Oficial da União - Portaria nº 9 de 08 de março de 1985, Seção I, 13 / 03 / 1985.

**FOSSUM, K. and UNDERTAL, B.** Irradiation of Chicken Egg White. Effect on Proteinase Inhibitions. Acta Vet. Scand., nº 14, p.118-128, 1973.

**FRANCO, L.** Ito Avicultura está lançando ovo "light ". J. Gazeta Mercantil, Finanças e Mercado - 22 de maio de 1997, p.B-20.

**HARWELL** - Dosimeter systems for radiation processing - Harwell Dosimeters Ltd - Amps 190 / September 1995.

**HERALD, T.J; OSORIO, F.A. and SMITH, D.M.** Rheological Properties of Pasteurized Liquid Whole Egg During Frozen Storage. J. Food Science, vol.54, p.35-38, nº 1, 1989.

**HOWARD, D.W.** A look at viscosity. Food Tech., vol.48, nº7, p.82-84, 1991.

**ICGFI INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION**  
Training Manual on Operation of Food Irradiation Facilities. First Edition, nº 14, p.8-37, 1992.

**ICGFI/ FAO / OMS / IAEA.** Fichas descritivas - A Irradiação de Alimentos: ficção e realidade. Roma out / 1990.

**IMAI, C. and KURIHARA, K.** Situação de Intoxicação pela Salmonela no Japão. Rev. "New Wave". vol. 26, p.8, Janeiro, 1994.

**ITO - AVICULTURA INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A.** Boletim Técnico Informativo, 1996.

**KAKU, M., PERESI, J.T.M., TAVECHIO, A.T., FERNADES, S.A., BATISTA, A.B., CASTANHEIRA, I.A.Z., GARCIA, G.M.P., IRINO, K., GELLI, D.S.** Surto alimentar por *Salmonela enteritidis* no Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Pública, vol.29(2), p.127-131, 1995.

**KASSAI, L.** - Há muito mais que nutrientes no ovo de galinha. J. Gazeta Mercantil, Finanças e Mercado - 07 / Julho / 1998.

**KATUSIN-RAZEM, B., RAZEM, D., MATIC, S., MIHOKOVIC, V., KOSTROMIN-SOOS, N. and MILANOVIC, N.** Chemical and Organoleptic Properties of Irradiated

Dried Whole Egg and Egg Yolk. J. Food Protection, vol.52, p.781-786, november, 1989.

**KATUSIN-RAZEM, B.; MIHALJEVIC, B. and RAZEM, D.** Radiation-Induced Oxidative Chemical Changes in Dehydrated Egg Products. J. Agric. Food Chem., vol.40, nº 4, p.662-668, april, 1992.

**KOGA, O.E.** Esterilização por Filtração. Rev. Fárm. e Bioquím. da Universidade de São Paulo. Vol. 33, supl. 1, p.21-25, 1997.

**MA, C.-Y., HARWALKAR, V.R., POSTE, L.M. & SAHASRABUDHE, M.R.** Effect of gamma irradiation on the physicochemical and functional properties of frozen liquid egg products. Food Res. Int., vol.26, p.247-254, 1993.

**MATIC, S., MIHOKOVIC,V., KATUSIN-RAZEM, B. and RAZEM, D.** The Eradication of Salmonella in Egg Powder by Gamma Irradiation. J. Food Protection, vol. 53, p.111-114, February, 1990.

**McKEOWN, J. and DREWELL , N.H.** Physical Mechanisms of Irradiation Technologies and their characteristics effects. In: McMurray, C.H. et al. Detection Methods for Irradiated Foods. The Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, 1996, p.431.

**MUÑOZ, R.B., SANCHES, M.V., UZEATEGUI, E.A. and VACA, C.F.** Preservacion de Alimentos por Irradiacion. Escuela Politecnica Nacional, Quito - Ecuador, p.321, 1985.

**NASCIMENTO, V.P.** Salmoneloses Paratíficas: uma revisão e situação atual. - Anais do VI Simpósio de Produção de Ovos, realizado no Memorial da América Latina de 26 a 28 de março de 1996. Promoção: APA: Associação Paulista de Avicultura, p.93-105.

**PINTO, T.J.A.** Esterilização Química por Óxido de Etileno: Parâmetros de Eficácia e Aspectos Atuais. Rev. Fârm. e Bioquím. da Universidade de São Paulo - vol. 33, supl. 1, p. 7-15, 1997.

**PROMOVOS/APA.** Revista "Mundo do Ovo". Ed. Argos, São Paulo, p.70, 1995.

**PROUDLOVE, K.** Os Alimentos em Debate: Uma Visão Equilibrada. Livraria Varela, São Paulo, p.15-70, 1996.

**RAO, M.A. and RIZVI, S.S.H.** - Engineering Properties of Food - Rheological Properties of Fluid Foods, p.2-17, 2º Ed., 1996.

**RILEY, P.A.** Free radicals in biology oxidative stress and the effects of ionizing radiation. Int. J. Radiat. Biol. 65 (1), 27-33, 1994.

**SCALZO, A.M., DICKERSON Jr., R.W., PEELER, J.T. and READ Jr., R.B.** The Viscosity of Egg and Egg Products. Food Tech., vol.24, nº 11, p.113-119, November, 1970.

**SPERBER, W.H.** Influence of water activity on foodborne bacteria. A review. J. Food Protec. vol.46, p. 142-150, 1983.

**STREETER.** Handbook of Fluid Dynamics. Cap. 5, p. 4 - McGraw-Hill, New York, 1961.

**TELLEZ, I.G., TREJO, R.M., SANCHEZ, R.E., ENICEROS, R.M., LUNA, Q.P., ZAZUA, P. and HARGIS, B.M.** Effect of Gamma Irradiation on Comercial Eggs Experimentally Inoculate with *Salmonella enteritidis*. Radiat. Phys. Chem. , vol. 46, nº 4-6, p.789-792, October-December, 1995.

**TOOD, E.C.D.** Preliminary Estimatives of Costs of Foodborne Disease in the United States. J. Food Protection, vol.52 , nº 8, p.595-601, 1989.

**VESSONI PENNA, T.C., MACHOSHVILI, I.A.** Esterelização Térmica. Conceitos Básicos da Cinética de Morte Microbiana. *apud* VESSONI PENNA, T.C. Validação de processos de esterelização I. Conceitos básicos. Laes & Haes, São Paulo, nº 88, p.46-48, 1994. *apud* VESSONI PENNA, T.C., MACHOSHVILI, I.A., BASTON, L.M. Importância da autoclave em lactário hospitalar. Laes & Haes, São Paulo, v.16, nº 91, p.68-74,1994. Anais do Iº Workshop CPCDM - Centro de Produção, Controle e Dispensação de Medicamentos. Realizado pelo Departamento de Farmácia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP - de 22 a 23 de julho de 1997.

**VIOTTO, W.H.** Efeito dos ingredientes é fator mais importante para sorvetes. Rev. Eng. de Alimentos. nº 16, p. 19-21, 1997.

**VON GRABOWSKI, H.U. and PFORDT, J.** Bakery Products from Irradiated and non-Irradiated Eggs - Analytical Problems Associated with the Detection of Irradiation Processed Foods. p.50-54 , 1993

**YUKDIN, J.** The Penguin Encyclopedia of Nutrition. p. 16,38,127-128. Penguin Books. 1988.