



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS ESTERILIZÁVEIS E
ALIMENTOS DE PRONTO CONSUMO PARA EQUIPAGENS DE
AERONAVES E PARA USO TERRESTRE.**

Nelson Pedro Roja Júnior
Comando da Aeronáutica

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Cristianini
Co-orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos para obtenção do
Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

Campinas, Fevereiro de 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

R638a Roja Júnior, Nelson Pedro
Avaliação de embalagens flexíveis esterilizáveis e alimentos de pronto consumo para equipagens de aeronaves e para uso terrestre / Nelson Pedro Roja Junior. -- Campinas, SP: [s.n], 2008.

Orientador: Carlos Alberto Rodrigues Anjos
Co-orientador: Marcelo Cristianini
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Embalagem flexível esterilizável. 2. Esterilização.
3. Aeronaves. 4. Embalagem. I. Anjos, Carlos Alberto Rodrigues. II. Cristianini, Marcelo. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV. Título.

(cars/fea)

Titulo em inglês: Evaluation of retortable pouch and foods of ready consumption for equipages of aircraft and terrestrial use

Palavras-chave em inglês (Keywords): Retort pouch, Sterilization, Aircraft, Packaging

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos
Banca examinadora: Carlos Alberto Rodrigues Anjos
José de Assis Fonseca Faria
Flávio Luís Schmidt
José Cezar Panetta

Data da defesa: 29/02/2008

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos
ORIENTADOR

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
MEMBRO

Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt
MEMBRO

Prof. Dr. José Cezar Panetta
MEMBRO

A minha amada esposa Paula, pela compreensão, incentivo e paciência durante a árdua jornada deste trabalho.

Aos meus amados filhos Vinícius e Victória, pelos momentos dispensados em prol das metas almejadas e

Aos meus pais, pelo amor, dedicação e sábia orientação em diversos momentos de incerteza.

Aos meus irmãos e cunhado que acreditaram em mim.

A toda a minha família que contribuiu com apoio e conhecimentos.

Pensamento...

*“O homem pretende ser imortal e para isso
Defende princípios efêmeros. Um dia,
Inexoravelmente, descobrirá que para ser
Imortal deverá defender Princípios Absolutos.
Neste dia morrerá para a carne, efêmera, e
Viverá para o espírito, Eterno. Será imortal.”*

C. Charuri

Agradecimentos

Ao Grande Arquiteto do Universo pela possibilidade de reunir as condições necessárias para o êxito de nossa empreitada.

Aos meus Comandantes, Diretores, Subdiretores e Chefes imediatos, que participaram, apoiaram e permitiram a realização de nossos trabalhos visando o aprimoramento da atividade de alimentação de coletividades nas Forças Armadas, para o suporte e apoio no que tange à alimentação com qualidade e segurança.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos, na qualidade de orientador, pelo apoio seguro, decisivo e dedicado na orientação da realização do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Cristianini, na qualidade de co-orientador, pelo suporte necessário e pelos conhecimentos direcionados ao êxito da pesquisa.

À empresa Cellier, nas pessoas dos Sr. José Luiz, Sr. Ludervim, Srta. Juliana e Srta. Marina, que dedicaram tempo, atenção e investimentos no apoio integral de nosso êxito.

À toda a equipe da Divisão de Subsistência da Subdiretoria de Abastecimento, pelo apoio incondicional no levantamento de dados, na condução de trabalhos técnicos e na força para a conclusão das atividades.

Aos colegas Eduardo e Cláudio, doutorandos do Departamento de Tecnologia pelas dicas e conhecimentos transmitidos.

Aos Comandantes das Unidades, Organizações Militares, Esquadrões, que permitiram e apoiaram as pesquisas com militares no emprego de rações operacionais.

Ao amigo Fabio que me auxiliou nas pesquisas e testes.

E aos amigos que incentivaram e propiciaram meios para a condução dos trabalhos.

A todos que direta e indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

ÍNDICE

RESUMO

SUMMARY

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Histórico.....	4
2.2. Características de embalagens para alimentos.....	6
2.3. Caracterização de estruturas laminadas flexíveis esterilizáveis.....	8
2.4. Tipos e formatos das embalagens.....	9
2.5. Processo de fabricação do laminado e formação da embalagem.....	10
2.6. Processo de formação das embalagens.....	12
2.7. Características de refeições do tipo MRE.....	14
2.8. Características das atuais Rações Operacionais das Forças Armadas..	15
2.9. Processo de esterilização comercial.....	16
2.9.1. Vantagens das embalagens flexíveis esterilizáveis.....	17
2.9.2. Desvantagens das embalagens flexíveis esterilizáveis.....	18
2.9.3. Parâmetros do processo de esterilização.....	19
2.9.4. Procedimentos de esterilização em flexíveis esterilizáveis.....	20
2.9.5. Eficiência do processo de esterilização.....	26
2.9.6. Modelamento matemático de transferência de calor.....	28
III – OBJETIVOS.....	33
IV – MATERIAL E METODOLOGIA.....	34
4.1. Matéria prima.....	34
4.1.1. Análises microbiológicas das matérias primas.....	34
4.2. Preparo das matérias-primas.....	34
4.2.1. Enchimento das embalagens.....	35
4.2.2. Inspeção Visual das embalagens.....	35
4.2.3. Avaliação Dimensional das embalagens.....	36
4.2.4. Espessura do laminado.....	37
4.2.5. Gramatura do laminado.....	37

4.2.6. Resistência à tração do laminado.....	37
4.2.7. Permeabilidade ao vapor de água de embalagens flexíveis.....	38
4.2.8. Avaliação das embalagens após o processo de esterilização.....	39
4.2.9. Características dimensionais, composição, espessura e características mecânicas das estruturas das embalagens testadas fornecidas pelas empresas.....	39
4.2.9.1. Características dimensionais	40
4.2.9.2. Composição da estrutura e espessura da embalagem.....	40
4.2.9.3. Características mecânicas da embalagem.....	41
4.2.9.4. Características dimensionais.....	42
4.2.9.5. Composição da estrutura e espessura da embalagem.....	42
4.2.9.6. Características mecânicas da embalagem.....	43
4.3. Parâmetros de processo de esterilização.....	44
4.4. Fluxograma de composição de preparo dos produtos e enchimento.....	44
4.5. Preparo dos cardápios.....	48
4.6. Análise de preparo dos produtos e enchimento.....	50
4.7. Equipamentos de processamento, enchimento e fechamento.....	50
4.8. Equipamentos de esterilização.....	51
4.9. Teste de esterilidade comercial.....	52
4.10. Análises físico-químicas e nutricionais do produto.....	53
4.11. Análise sensorial.....	53
4.12. Análise estatística.....	55
V – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. Análises microbiológicas.....	56
5.2. Testes de embalagem.....	60
5.2.1. Análise visual.....	60
5.2.2. Avaliação dimensional.....	63
5.2.3. Espessura.....	64
5.2.4. Gramatura.....	65
5.2.5. Resistência à tração.....	66
5.2.6. Taxa de Permeabilidade ao vapor de água.....	67

5.2.7. Taxa de Permeabilidade ao oxigênio.....	69
5.3. Análises da composição nutricional do produto final.....	71
5.4. Análise sensorial e estatística do produto final.....	73
5.4.1. Textura da carne.....	73
5.4.2. Textura dos legumes.....	73
5.4.3. Textura do arroz.....	74
5.4.4. Dosagem de sal.....	74
VI – CONCLUSÕES.....	80
VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
VIII – ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões de embalagens flexíveis esterilizáveis utilizadas para alimentos.....	10
Tabela 2 – Características dimensionais da embalagem flexível fornecida pela Alcan Alumínio do Brasil Ltda., para <i>stand up</i>	40
Tabela 3 – Composição (do lado externo para o interno) da estrutura da embalagem flexível fornecida pela empresa Alcan Alumínio do Brasil Ltda.....	41
Tabela 4 – Características mecânicas da embalagem flexível fornecida pela empresa Alcan Alumínio do Brasil Ltda.....	41
Tabela 5– Resultados das características dimensionais da embalagem flexível fornecida pelo fornecedor <i>Hyewon Packmaster Int’l International INC</i>	42
Tabela 6– Composição (do lado externo para o interno) da estrutura da embalagem flexível fornecida pela empresa <i>Hyewon Packmaster Int’l International INC</i>	43
Tabela 7 – Características mecânicas da embalagem flexível fornecida pela empresa <i>Hyewon Packmaster Int’l International INC</i>	43
Tabela 8 – Análise microbiológica de Carne in natura.....	56
Tabela 9 – Análise microbiológica da Cenoura in natura.....	57
Tabela 10 – Análise microbiológica da Batata in natura.....	57
Tabela 11 – Análise microbiológica do Arroz in natura.....	58
Tabela 12 – Análise microbiológica do Arroz cozido.....	59
Tabela 13 – Análise microbiológica da carne com legumes cozida.....	59
Tabela 14 - Identificação dos principais defeitos encontrados na embalagem (estrutura 1) antes e após o processo de esterilização.....	60
Tabela 15 – Classificação dos defeitos gerais encontrados na embalagem (estrutura 1) antes e após o processo de esterilização.....	61
Tabela 16 – Classificação dos defeitos encontrados na área de selagem da embalagem (estrutura 1) antes e após o processo de esterilização.....	61

Tabela 17 – Identificação dos principais defeitos encontrados na embalagem (estrutura 2) antes e após o processo de esterilização.....	61
Tabela 18 - Classificação dos defeitos gerais encontrados na embalagem (estrutura 2) antes e após o processo de esterilização.....	62
Tabela 19 - Classificação dos defeitos encontrados na área de selagem da embalagem (estrutura 2) antes e após do processo de esterilização.....	62
Tabela 20 - Resultados da avaliação dimensional das estruturas 1 e 2.....	64
Tabela 21 - Resultados da avaliação de espessura de 18 amostras das estruturas 1 e 2.....	64
Tabela 22 - Resultados da avaliação de gramatura de 18 amostras das estruturas 1 e 2.....	65
Tabela 23 - Avaliação da resistência à tração (kgf/in ²) da termossoldagem de 18 amostras da estrutura 1 antes e após o processo de esterilização.....	66
Tabela 24 - Avaliação da resistência à tração (kgf/in ²) da termossoldagem de 18 amostras da estrutura 2 antes e após o processo de esterilização.....	66
Tabela 25 - Permeabilidade ao vapor de água da estrutura 1 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10 min, 37min e 60 min à 121°C (g/m ² . dia) a . 37,8°C /100%UR.....	68
Tabela 26 - Permeabilidade ao vapor de água da estrutura 2 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10 min, 37min e 60 min à 121°C (g/m ² . dia) a . 37,8°C /100%UR.....	68
Tabela 27- Permeabilidade ao oxigênio da estrutura 1 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10 min, 37min e 60 min à 121°C (cm ³ /m ² . dia) a 23°C / 0%UR.....	70
Tabela 28 - Permeabilidade ao oxigênio da estrutura 2 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10 min, 37min e 60 min à 121°C (cm ³ /m ² . dia) a 23°C / 0%UR.....	70
Tabela 29 - Composição nutricional da amostra 1 – Carne em cubos com legumes –250 g, identificada como 480314.....	72
Tabela 30 - Composição nutricional da amostra 1 – Arroz pronto – 250 g, identificada como 480324.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Linha clássica para formação contínua, enchimento e termossoldagem de embalagens flexíveis esterilizáveis.....	12
Figura 2 – Ilustração das placas com pressão sobre a embalagem.....	13
Figura 3 – Modelo representativo de uma embalagem exemplificando as dimensões de L= largura; e A = altura. (ABIEF, 2000).....	36
Figura 4– Fluxograma de preparo de arroz branco.....	46
Figura 5 – Fluxograma de preparo de carne bovina em cubos.....	47
Figura 6 – Fluxograma geral de preparo dos cardápios.....	49
Figura 7 – Fluxograma de preparo, análise, envase e processamento térmico	50
Figura 8 – Localização dos locais de realização dos testes de aceitação....	55
Figura 9 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura da carne.....	75
Figura 10 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura dos legumes.....	76
Figura 11 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura do arroz.....	76
Figura 12 – Gráfico quantitativo da avaliação da quantidade de sal.....	77
Figura 13 – Gráfico quantitativo da avaliação da aparência.....	77
Figura 14 – Gráfico quantitativo da avaliação do sabor.....	78
Figura 15 – Gráfico quantitativo da avaliação do aroma.....	78
Figura 16 – Gráfico quantitativo da avaliação de impressão global.....	79

RESUMO

As rações operacionais são meios fundamentais para a execução das atividades de treinamento e desdobramento real das Forças Armadas do mundo inteiro, sendo empregadas ainda em circunstâncias de contingência de ordem civil. Neste sentido, a Força Aérea Brasileira, na busca continuada de soluções e melhorias na área do fornecimento de alimentos, vem priorizando pesquisas para o desenvolvimento de produtos de pronto consumo. Nessa linha, o objetivo principal desta investigação foi desenvolver uma refeição de pronto consumo em embalagens flexíveis esterilizáveis, para equipagens de aeronaves e para uso terrestre, em substituição ao sistema atualmente utilizado pelas Forças Armadas. A refeição foi composta por dois itens, em embalagens unitárias: arroz e carne bovina com legumes. A formulação do arroz foi composta por água (54%), arroz parboilizado (32%), cebola (8%), óleo (4%), sal (1%) e alho (1%). A carne com legumes foi formulada com cubos de carne (35%), selada, pré-processada por imersão em óleo vegetal a 178°C por 3 min., molho de carne (29%), batata (22%) e cenoura (14%) em cubos. Foram utilizados 3 tipos de embalagens laminadas, pré-formadas, com picote para abertura manual e capacidade de 250 g de produto, sendo duas com estrutura auto-sustentável (*stand up pouch*) e uma do tipo envelope de quatro soldas (*flat*). A caracterização das embalagens foi realizada por medidas dimensionais, propriedades de barreira (taxa de permeabilidade ao oxigênio e ao vapor de água), propriedades mecânicas (resistência à tração e estouro) e inspeção visual de defeitos. As análises microbiológicas foram realizadas para avaliação da carga microbiana inicial das matérias-primas e obtenção de dados iniciais, para verificação da eficiência do processo de esterilização. O tratamento térmico foi realizado em autoclave de imersão com F_0 de 14 min. As refeições foram submetidas à análise sensorial através de teste de aceitação de escala hedônica para aparência, sabor, aroma e impressão global e testes de aceitação de escala do ideal para textura do arroz, carne bovina e legumes e gosto de sal. Os testes foram conduzidos com 140 homens, militares da Aeronáutica, distribuídos nas guarnições do Amazonas, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. Os resultados do teste de escala

hedônica indicaram que o tipo de embalagem não influenciou na aceitação da refeição ($p < 0,05$), sendo que pelo menos 60% dos provadores atribuíram notas maiores ou iguais a cinco para os atributos aparência, sabor, aroma e impressão global. No teste da escala de ideal verificou-se que pelo menos 80% dos provadores consideraram a textura da carne entre os termos -1 e +1, a textura dos legumes entre -1 e +1, a textura do arroz entre -1 e +1 e o gosto salgado entre -1 e +1. Isto indica a aceitação sensorial da refeição.

Os experimentos demonstraram a satisfação dos militares e puderam servir de fundamento para o atual emprego das rações operacionais no âmbito da Força Aérea Brasileira.

SUMMARY

The operational meals means are fundamental to the implementation of the activities of training and actual deployment of the armed forces around the world and is still employed in circumstances of contingency of civil order. In this sense, the Brazilian Air Force, in the search for solutions and continuing improvements in the area of the food supply, is prioritizing the research and development into products ready for consumption. The main objective of the research was to develop a meal ready for consumption in sterile flexible packaging to aircraft crews and land use to replace the system currently used by the Armed Forces. The board was composed of two items on individual packages: rice and meat with vegetables. The wording of the rice was composed by water (54%), rice (32%), onion (8%), oil (4%), salt (1%) and garlic (1%). The meat with vegetables was made with cubes of meat (35%), stamped, pre-processed by immersion in vegetable oil to 178 ° C for 3 min., sauce, meat (29%), potatoes (22%) and carrot (14%) in the cubes. We used 3 types of packaging rolled, pre-formed, for manual opening and capacity of 250 g of product, and two with structure self-sustaining (stand up pouch) and an envelope of the type of four solders (flat). The characterization of the packaging was done by measurements dimensional, property of barrier rate (permeability to oxygen and water vapor) and mechanical properties (tensile strength and burst test) and visual inspection of defects. Microbiological analyses was made for evaluation of the initial microbial load of raw materials and obtaining initial data references for verification of the efficiency of the process of sterilization. The heat treatment was carried out in retort of immersion with F_0 , 14 min. Meals were subjected to analysis by means of sensory test of acceptance of hedonic scale for appearance, flavor, aroma and overall impression, and acceptance tests of scale of the ideal texture to the rice, meat and vegetables and taste of salt. The tests were conducted with 140 men, soldiers of Aeronautics, distributed in trimmings of Amazonas, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro and São Paulo. The results of the test hedonic scale indicated that the type of packaging not influenced the acceptance of the meal ($p < 0.05$), of which at least 83% of the judges assigned notes greater than or equal to five to the attributes appearance, flavor, aroma and overall impression. In the ideal test of the scale of it was found

that at least 62% of the tasters found the texture of the meat, vegetables and rice, and the salty taste ideals.

The experiments demonstrated the satisfaction of the military and could serve as the basis for the current employment of operational meals of the Brazilian Air Force.

I. INTRODUÇÃO

A justificativa da pesquisa está baseada na necessidade de se avaliar o atual sistema de embalagens empregado nas Forças Armadas e propor modernização, de forma a obter um efetivo controle e garantia da qualidade e segurança dos alimentos. Serão enfatizados os aspectos estruturais e de formulação com reestruturação do sistema de embalagem, visando a adequação às necessidades dos usuários e minimizar a interação alimento-embalagem-ambiente, com ênfase na embalagem flexível esterilizável de refeições prontas para o consumo.

O sistema de processamento de alimentos em embalagens flexíveis se apresenta como uma das mais aceitáveis formas de conservação, representando uma combinação tecnológica de processo, embalagem e produto.

Na década de 60 as Forças Armadas Americanas utilizaram o conceito de embalagens flexíveis esterilizáveis, *retortable pouch*, como alternativa à substituição da lata de folha de flandres. A confiabilidade da embalagem flexível era a principal preocupação dentro do programa experimental, uma vez que a lata apresenta-se como um dos materiais mais confiáveis para tal finalidade.

Programas dessa natureza, realizados com militares filipinos demonstraram à área científica, que a confiabilidade dependeria do material utilizado, a par de um adequado formato, enchimento, fechamento e manuseio. Estes fatores foram correlacionados e um protótipo foi elaborado para ser utilizado em diferentes tipos de alimentos e os resultados desses trabalhos de pesquisa foram premiados pelo desenvolvimento do *retortable pouch* através do “*Institute of Food Technologists*”, *Food Technology Achievement Award* em 1978.

Desde então, países como Japão e EUA lideram as pesquisas e o desenvolvimento da tecnologia de embalagens flexíveis termoprocessadas para aplicação em diferentes tipos de alimentos.

A importância da tecnologia de embalagens flexíveis e de seu impacto nas atividades diárias, relativas à estabilidade, são demonstradas através do desenvolvimento de modelos matemáticos e da possibilidade de seu emprego na otimização dos processos de esterilização dessas embalagens.

O *retortable pouch* talvez seja o desenvolvimento mais significativo em embalagem desde o desenvolvimento das latas de folhas de flandres, compondo-se basicamente de três materiais: uma camada externa de filme de poli (etileno tereftalato), responsável pela resistência, folha de alumínio em uma segunda camada, formando uma barreira contra gases, vapores, aromas, radiação e luz, internamente, um filme de polipropileno para a termossoldagem e evitar o contato do produto com o alumínio.

No Brasil, as Forças Armadas utilizam essa tecnologia através de contratos de fornecimento de empresas do ramo de alimentos, com produtos termoprocessáveis em embalagens flexíveis nas chamadas Rações Operacionais. Esse termo é utilizado pelas Forças Armadas para referir-se aos alimentos utilizados em situações de campanha, combate, abandono de aeronaves e embarcações, sobrevivência ou outras de conveniência no treinamento e instrução das tropas deslocadas.

As atividades desenvolvidas diariamente no exercício da função militar têm estreita dependência do Estado físico, social e mental, daí a importância do fator alimentação, não só no que diz respeito à satisfação ao alimentar-se, mas também no que diz respeito às condições de elaboração dos alimentos produzidos dentro de padrões de segurança alimentar.

Todavia, a tecnologia de embalagens flexíveis esterilizáveis necessita evoluir em procedimentos e requer constante modernização, pois os princípios ainda se mantêm desde a década de 70. As organizações militares de subsistência detectaram, através de pesquisas de campo, a insatisfação dos militares desdobrados ou em treinamento aplicado, com relação à rejeição de cardápios, dificuldade de abertura da embalagem, facilidade de contaminação devido ao manuseio, estabilidade, custos discutíveis, entre outros.

O conceito assumido pelo fornecimento de refeições em situações de cunho contingencial tem norteado as Forças Armadas do mundo inteiro no sentido de otimizar os aspectos de qualidade e segurança alimentar, inerentes às exigências de saúde e que sejam qualificados ao pleno atendimento das expectativas dos usuários.

Dentre as diversas modalidades de fornecimentos, existe a Ração Operacional de Sobrevivência, com a finalidade de suprir as necessidades de um

homem adulto pelo período de 24 horas em situação de repouso absoluto ou em atividades leves, até que seja resgatado da situação em que se encontra.

O emprego dessa ração está atrelado ao fato de que a mesma faz parte do equipamento de sobrevivência da aeronave, na quantidade de duas vezes o número de pessoas (tripulação ou passageiros), para uso nos casos de abandono da aeronave, no solo, em decorrência de pouso forçado em local inóspito, ou outra situação emergencial que justifique o consumo.

Ressalta-se que o conceito de formulação e constituição da ração foi realizado por meio de portaria, em 1988, do extinto Estado Maior das Forças Armadas, com plena potencialidade de revisão e com vistas a contemplar os atuais avanços tecnológicos, no que diz respeito à composição e sistemas de embalagens.

Basicamente, a composição da Ração Operacional de sobrevivência está fundamentada em gêneros alimentícios que tenham como tecnologias agregadas a esterilização ou a desidratação e que possuam qualidade e acessórios capazes de garantir o consumo e a absorção dos alimentos e de seus nutrientes.

A pesquisa de otimização das Rações Operacionais tem como meta maior a conciliação de todo o conjunto de refeições, de forma que se obtenha redução efetiva da relação de peso e volume com a redução de espaço ocupado, a melhoria do aspecto sensorial das refeições, com aumento significativo da qualidade, ampliação do sentido de conveniência de emprego e atendimento aos requisitos nutricionais, bem como às necessidades de adequação às missões dos efetivos, quando desdobrados.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico

O armazenamento de alimentos sempre foi um grande problema para a humanidade devido à sazonalidade entre a sua produção e o seu consumo. Antigamente, por falta de tecnologia, os alimentos eram armazenados sem processamento. Contudo, à medida que as populações foram se desenvolvendo, surgiu a necessidade dos alimentos estarem disponíveis aos consumidores com qualidade, velocidade, quantidade e principalmente com preço acessível (ORTIZ, 1986).

Estas necessidades deram origem ao desenvolvimento das tecnologias de processamento e conservação. Muitos dos processos de conservação de alimentos não são novos, pois há muito se conhece que a salga e a defumação como métodos eficientes de conservação. O próprio descobrimento do Brasil (segundo a história oficial) está ligado aos primeiros aditivos de alimentos: as especiarias (pimenta, cravo, canela, etc.) que os portugueses traziam da Índia (ORDÓÑEZ et al, 1986).

Os egípcios e romanos tinham conhecimento dos efeitos preservativos do sal, da dessecação e da defumação. Sabe-se que a primeira salga foi realizada enterrando-se o alimento na areia da praia, onde a água do mar realizava a cura. Os índios americanos colocavam tiras de bisão e de veado no alto de uma tenda ou sobre uma fogueira, onde a conservação era feita por dessecação ou defumação. Os alimentos perecíveis eram guardados em cavernas e fontes, onde a baixa temperatura prolongava a conservação (GAVA, 2002).

A história da lata metálica começou em 1795, quando o governo Francês ofereceu um prêmio de 12.000 francos para quem inventasse um método de conservar alimentos. As tropas de Napoleão estavam sendo arrasadas mais pela fome e pela doença relacionada do que pelo combate. Conquistas militares e a expansão colonial demandavam maneiras de transportar alimentos que tivessem aumentada sua conservação.

As técnicas de conservação de alimentos pela aplicação de calor em embalagens herméticas ganharam maior interesse após a publicação do primeiro livro sobre o assunto em 1810 na França. O processo desenvolvido pelo autor que

Ihe mereceu um prêmio oferecido por Napoleão Bonaparte, consistia inicialmente em processar alimentos em garrafas de vidro fechadas com rolhas, em banho de água fervente. A partir disto, o processo então conhecido como apertização, devido ao seu inventor chamado *Nicolas Appert*, mereceu o interesse da indústria e com ele a procura por novos métodos e materiais (CRISTIANINI, 1998).

A primeira lata de folha de flandres surgiu na Inglaterra em 1823 e possuía um pequeno orifício no topo, o qual era rosqueado com uma tampa. Em 1900, surgia a primeira lata de três peças recravadas. A indústria de latas ganhou grande impulso desde então e detém hoje uma grande porção do mercado de alimentos. No entanto, embora as pesquisas com as bolsas flexíveis tenham-se iniciado na década de 50, a sua comercialização ganhou maior interesse no final dos anos 60 no Japão e nos EUA, e hoje já detém um grande mercado dos alimentos processados (LOPEZ, 1981).

O Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) realizou também estudos para avaliação do desempenho de algumas bolsas de fabricação nacional, simulando-se situações de manuseio e transporte das mesmas (ORTIZ, 1986).

Com o rápido crescimento do uso de plásticos nas últimas décadas, tornou-se inevitável sua introdução na indústria de alimentos, seja na substituição de materiais existentes ou em aplicações totalmente novas (CRISTIANINI, 1998).

Inicialmente, o uso de embalagens plásticas para alimentos eram restritos à sua característica de barreira, protegendo alimentos das ações do ambiente externo. No entanto, recentes desenvolvimentos de materiais tornaram possível o surgimento de embalagens flexíveis capazes de suportar altas temperaturas.

Uma embalagem flexível esterilizável nada mais é que uma bolsa formada por um laminado que após o seu fechamento, permite que os alimentos nela contidos sofram tratamento térmico (esterilização), resultando em um produto de maior estabilidade à temperatura ambiente. No entanto, quando comparado às latas e aos vidros, as flexíveis esterilizáveis oferecem algumas vantagens devido ao seu reduzido perfil e peso (LAMPI, 1980).

Grande parte do trabalho de desenvolvimento das embalagens flexíveis esterilizáveis foi conduzida pela *U.S.Army Natick Development Center* devido ao interesse dos militares em desenvolver as chamadas Rações de Combate.

Durante os anos 60 avanços significativos foram alcançados e grandes companhias americanas, japonesas e européias demonstraram interesse no novo tipo de embalagem. Novos processos e materiais foram desenvolvidos desde então com o intuito de adequar um maior número possível de alimentos, conforme relatado por LOPEZ (1981).

Em 1977 o *United States Department of Agriculture* (USDA) e a *Food and Drug Administration* (FDA) concederam “cartas de não objeção” para a empresa *Reynolds Metal Co.* e *Continental Can Co.* iniciarem a comercialização dos novos laminados desenvolvidos para a fabricação das embalagens. A maior preocupação dos órgãos legais dos EUA para a liberação da utilização das embalagens flexíveis esterilizáveis não eram os materiais utilizados, mas sim os adesivos da laminação para unir um substrato ao outro (LOPES, 1981) o que, atualmente, já está totalmente superado pelo avanço tecnológico na área de laminação, extrusão e secagem de materiais de embalagem.

2.2. Características de embalagens para alimentos

A embalagem, sobretudo para produtos alimentares e bebidas, tem sofrido grandes transformações nas últimas décadas, pelo aparecimento de novos materiais e novas tecnologias (SILVA, 2000).

A evolução da embalagem e dos diferentes sistemas de embalagem está intimamente ligada à evolução dos produtos acondicionados, bem como dos materiais utilizados. Nos países industrializados, a embalagem de alimentos representa aproximadamente a metade do total de embalagens produzidas. Esta importância advém de um crescente aumento de alimentos pré-preparados e conservados, favorecendo a sua distribuição a distâncias cada vez maiores (CASTRO, 2002).

As embalagens são usadas para alimentos a fim de atender finalidades de proteger contra contaminações ou perdas, facilitar e assegurar o transporte, identificar o conteúdo em qualidade e quantidade, facilitar a distribuição do alimento, identificar o fabricante e o padrão de qualidade, atrair a atenção do comprador e induzi-lo para a compra, instruir o consumidor no uso do produto, dentre outros (GAVA, 2002).

A caracterização de um sistema de embalagens tem como requisitos, com maior ou menor importância em conformidade com sua missão e caracterização do produto, que as mesmas devem atender as legislações vigentes e ser compatível com o produto; dar proteção contra ganho ou perda de umidade, oxigênio e luz, ter resistência ao impacto e proteção sanitária, ter boa aparência e dar boa impressão, facilidade de abertura, transparência, facilidade de descarte e como critério mercadológico, baixo preço (MESTRINER, 2004).

No que diz respeito às categorias, os vários tipos de embalagens podem ser agrupados em recipientes metálicos rígidos (lata, tambor de aço inoxidável, alumínio, etc.); recipientes metálicos flexíveis (alumínio, folhas de aço, etc.); vidro (pote, garrafa, etc.); plásticos rígidos e semi-rígidos; plásticos flexíveis; barricas e caixas de papelão e embalagens de madeira; papéis flexíveis e laminados e multifoliados (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

As embalagens flexíveis são aquelas obtidas pelo uso de materiais flexíveis tais como papéis, celofane, plásticos e folhas metálicas (GAVA, 2002).

Na escolha do material flexível para embalagem, deve-se levar em consideração além das observações anteriores, termossoldagem, encolhimento, resistência química, absorção de aroma, faixa de temperatura de trabalho, disponibilidade, compatibilidade e maquinabilidade (CASTRO, 2002).

As embalagens dentre outros requisitos utilizados no processamento de alimentos considerados “comercialmente estéreis” devem manter-se herméticas. Conforme descrito por LOPEZ (1981), os laminados normalmente utilizados para embalagens esterilizáveis têm se mostrado resistentes à penetração de microrganismos, a menos que algum tipo de fratura ocorra na estrutura laminada.

Embalagens fabricadas com folhas de alumínio podem ter diferentes graus de rigidez, dependendo de espessura, tempera, liga e formato. Alguns tipos de embalagens são muito convenientes no preparo de serviço de alimentos, pois resistem às altas temperaturas. A folha de alumínio é usada em laminados na espessura de 0,040 a 0,007 mm, sendo que a mais utilizada apresenta espessura nominal de 0,009 mm (LAMPI, 1980).

Folhas de alumínio entre 0,012 e 0,009 mm, são demasiadamente frágeis para impressão de modo que são combinados com outros substratos tais

como o papel monolúcido. O papel proporciona rigidez, boa aparência, boa resistência à tração sendo uma boa superfície de impressão (LAMPI, 1980).

2.3. Caracterização de estruturas laminadas flexíveis esterilizáveis

A embalagem flexível apresenta várias vantagens além da redução do consumo de energia, a redução de espaços devido à reduzida espessura de corte transversal quando comparado com a lata, constituindo-se em parâmetro importante no processo de tomada de decisões no campo logístico (BALLOU, 1999).

A qualidade dos alimentos também é comprovadamente melhor devido ao curto tempo de esterilização. A baixa espessura permite que as embalagens sejam processadas em menor tempo que as latas em processos de esterilização.

Essas embalagens podem ser termicamente processadas assim como as latas, todavia, com vantagens no que concerne à melhoria da qualidade do alimento, economia de energia, estabilidade, redução de peso, racionalização de estocagem, e ainda são fáceis de transportar, abrir, preparar e descartar (ADAMS, 1983 apud CRISTIANINI).

Embora existissem dúvidas quanto ao contato dos alimentos com os materiais usados na embalagem, que se constituíam de três camadas a estabilidade do conjunto conseguiu suplantar tais questionamentos. Atualmente, os polímeros poli (etileno tereftalato) (PET) e o polipropileno (PP) são aprovados para o contato direto com alimentos pela ANVISA do Ministério da Saúde (FERNANDES, 2004).

A embalagem flexível esterilizável apresenta-se como um dos conjuntos mais aceitáveis na preservação de alimentos, constituindo-se em verdadeira opção para a substituição das latas. Estas embalagens podem resistir à queda livre de 10 quedas a 25 metros sem qualquer dano mecânico. A crescente consciência pública e a aversão em aceitar outros métodos de conservação, como a adição de conservantes químicos, irradiação, etc, tem oferecido uma vasta oportunidade para os alimentos processados que utilizam tais embalagens (AARON, 2003).

Outros importantes desenvolvimentos incluem os absorvedores de oxigênio, com taxas de absorção variando entre 0,1 a 0,5 mL/cm², capazes de

removerem significativa porcentagem de oxigênio presente no interior da embalagem, reduzindo as reações de deterioração do alimento acondicionado (OLIVAS et al., 2002).

A embalagem flexível esterilizável é capaz de acondicionar produtos alimentícios que necessitam de esterilização para a sua conservação sendo, portanto, capaz de resistir à temperaturas de processo de 116°C a 135°C (TERAJIMA *et al.* 1996).

Essas embalagens possuem várias vantagens se comparadas às latas de folha de flandres, como a espessura do material e o formato, que permitem a redução no tempo de aquecimento, conseqüentemente o alimento apresenta melhor cor, firmeza e textura com mínima degradação dos nutrientes. Podem ser aquecidas em banho-maria e, quando as embalagens são isentas de alumínio, podem ser aquecidas em fornos de microondas. Algumas marcas apresentam sistema de fácil abertura, evitando riscos de acidentes e facilidade para impressão (LEBOWITZ *et al.*, 1990).

As características mecânicas, físico-químicas e de barreira são excelentes, tais como a baixa permeabilidade aos gases, baixa permeabilidade ao vapor de água, baixa propriedade hidrofílica, elevada resistência térmica, facilidade de esterilização; resistência à penetração de gorduras, óleos e outros componentes da formulação dos alimentos; elevada resistência mecânica e ao estouro, facilidade de estocagem e distribuição, ausência de solventes residuais dos adesivos de laminação (CASTRO, 2002).

2.4. Tipos e formatos das embalagens

Duas dimensões básicas de embalagens flexíveis esterilizáveis têm sido utilizadas no setor de alimentos. Uma delas para porções individuais de 150g com aproximadamente 125 x 175 mm e os formatos institucionais, com dimensões aproximadas de 200 x 250 mm, mais empregadas para alimentos semi-prontos destinados aos restaurantes industriais para aproximadamente 750g de produto (LAMPI, 1980).

Outras dimensões menos comuns de embalagens são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões de embalagens flexíveis esterilizáveis utilizadas para alimentos.

Dimensões (mm x mm)	Capacidade (g)
120 x 180	140 a 280
120 x 160	90 a 130
150 x 200	100 a 250
200 x 300	750
300 x 460	1000 a 2000

Adaptado de: OLIVEIRA *et al.*, 1990

2.5. Processo de fabricação do laminado e formação da embalagem

Os laminados flexíveis destinados à fabricação de embalagens do tipo *retortable pouch* podem ser fabricados através de dois diferentes processos ou pela combinação deles, que são: laminação por colagem ou laminação por extrusão ou pela combinação dos dois.

A laminação por colagem utiliza adesivo à base de dois componentes dissolvidos em solventes orgânicos que posteriormente são evaporados e condensados para futura recuperação. Através da aplicação do adesivo sobre um dos substratos, evapora-se o solvente e em seguida une-se um ao outro. Na etapa seguinte repete-se o procedimento, usando-se o outro substrato para obter um laminado de 3 camadas.

No processo combinado, é possível unir dois substratos através de adesivo e, através da extrusão, unir o terceiro substrato, este último a camada interna que terá a função de termossoldagem. São processos contínuos que produzem o laminado em forma de bobina para posteriormente alimentar os equipamentos de fabricação ou formação das embalagens do tipo forma-enche-fecha ou enche-fecha. Nesse último, as embalagens são fabricadas em um equipamento à parte e, posteriormente, em outro é envasada e fechada. Estruturalmente, em condições gerais, temos a constituição conforme exemplificada no Anexo A (ORTIZ, 1986).

A composição das estruturas é estabelecida em função do tipo de produto e com a expectativa de vida útil estipulada com diferentes modelos e

formatos e os detalhes para abertura, que podem ser visualizados no anexo A, Figura 2.

Empresas como a *DuPont Packaging and Industrial Polymers Ltd.*, tem desenvolvido embalagens com agregação de válvulas inerciais com grande aceitação. A embalagem possui uma composição de quatro camadas, sendo a camada interna de polipropileno para a termossoldagem, a segunda camada de *nylon* (poliamida orientada – OPA), que proporciona resistência a toda estrutura, e também como camada barreira aos gases.

A terceira camada geralmente é uma folha de alumínio que tem a propriedade de barreira aos gases, umidade e aromas. No caso de embalagens transparentes substitui-se o filme de alumínio por um filme de poli(etileno tereftalato) com adição de óxido de silício (SiOx), aditivo para melhorar a barreira ao oxigênio. A quarta camada (externa) de PET proporciona proteção mecânica e oferece brilho, sendo a impressão na face interna, o que pode ser visualizado no anexo A, Figura 3.

Os polímeros empregados nessas embalagens plásticas podem ser subdivididos em três grupos: materiais estruturais, materiais barreira e adesivos. Os polímeros estruturais dão forma e resistência à embalagem. Os polímeros barreira conferem à estrutura resistência à permeabilidade dos gases, vapores e aromas através da embalagem. Os adesivos permitem a união de polímeros incompatíveis ou compatíveis quimicamente.

Tampas plásticas transparentes também são utilizadas, principalmente no Japão, onde a visibilidade do produto é um importante fator mercadológico.

As tampas transparentes permitem ainda o reaquecimento em forno de microondas de embalagens fechadas. Por outro lado, para se obter estruturas com propriedades de barreira semelhantes às do corpo da embalagem, faz-se necessário aumentar a espessura do material, o que implica em um aumento do tempo de termossoldagem ou utilizar combinação com outros materiais de barreira ou adicionar aditivos absorvedores.

O copolímero de etileno + álcool vinílico (EVOH) é um dos polímeros que podem substituir o alumínio, para uso em microondas e o emprego de PET, buscando-se a transparência e aplicando a metalização para aplicações diferenciadas. Outros materiais muito empregados são o *Nylon-MXD6*, da

Mitsubishi Company Ltd., com excelente capacidade de termoformagem e que tem boa combinação com o PET em forma de misturas, co-injeção e co-extrusão e o polipropileno (PP).

2.6. Processos de formação das embalagens

Os processos e os materiais escolhidos são dimensionados para uso de equipamentos formatados, a fim de obter alto rendimento, como 100, 200, 300 ou até 400 embalagens por ciclo de operação.

Máquinas com os processos definidos da formatação da embalagem até a termossoldagem podem ter um sistema de foto-células para indexação, adesivos de linha, injeção de gases, controle e comandos digitais próprios, construídas em aço inoxidável 316 18/8.

Os ciclos de processos podem ser variáveis dependendo das regulagens de corte e enchimento (vertical ou horizontal) o que concede uma variação de tempo. A velocidade de produção pode atingir de 50 a 60 embalagens por minuto.

Um modelo genérico de fabricação de embalagens pode ser visualizado na Figura 1 abaixo.

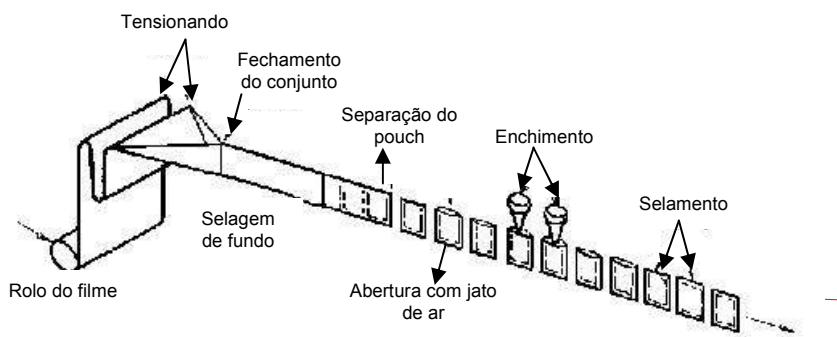


Figura 1 – Linha clássica para formação contínua, enchimento e termossoldagem de embalagens flexíveis esterilizáveis

Fonte: Canadian Food Inspection Agency (2002).

Dentre as diferentes linhas de produção pesquisadas durante o desenvolvimento dos trabalhos, verificou-se que todas elas contemplam mais de um equipamento, em sua estrutura de produção, tais como máquinas destinadas

ao enchimento com alimentação, máquinas de formação e confecção da embalagem, o conjunto de interfaces com dosadores e enchedoras, seguidos de termossoldagem das embalagens cheias e estocagem em prateleiras.

No que diz respeito aos processos de esterilização, há a recomendação de que se empregue autoclaves vapor-ar com contra pressão, para preservar a estrutura das embalagens.

Todos os processos possuem um *check list* de segurança que ratificam os parâmetros de qualidade para que não sofram perdas e que a segurança e os aspectos de inviolabilidade sejam preservados.

As embalagens, quando cheias e após finalização do processo de esterilização, devem ser testadas e aferidas para formação de uma base de dados que sirva de referência para validação de processos posteriores. Os testes consistem em um número de atividades que forneçam informações qualitativas e quantitativas.

Os procedimentos incluem inspeção visual para o caso de verificação da qualidade de termossoldagem e modificações eventuais de diferenças entre processos por barra aquecida e por pulso, conforme anexo A.

Outro teste realizado é o de compressão, para a verificação da existência ou não de perfurações ou vazamentos.

É testada a taxa de compressão, associada ao desempenho da conformação da embalagem, através de pressão exercida sobre as superfícies maiores da embalagem, conforme mostrado na Figura 2.

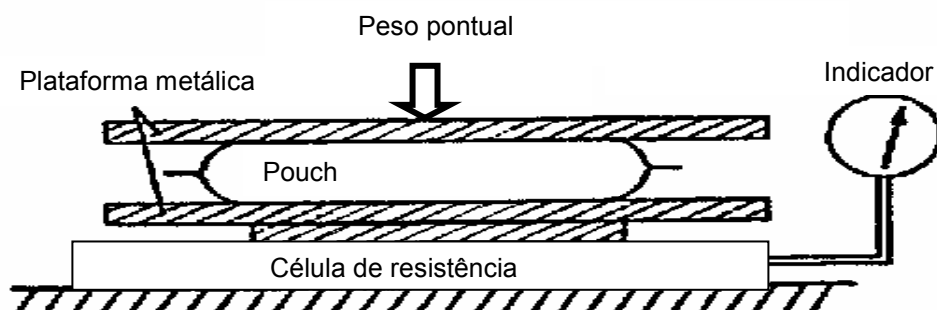


Figura 2 – Ilustração das placas com pressão sobre a embalagem. Adaptado de HUDSON, S. B. (2005).

Existem outros testes que podem ser realizados, tais como os internos de pressão e volume, que atua como um revisor geral das condições de hermeticidade, incluindo o fornecimento de um perfil prático sobre as condições ideais para manuseio e transporte. Durante o teste, deve ser realizada a aferição da pressão interna, aplicando-se ar por injeção controlada, através do selo e gravando as respostas das taxas de diferencial possível no ambiente interno. A pressão estabelecida fica em uma taxa de 10 kPa/s (1 psig/s). Os equipamentos geralmente utilizados nesses testes podem ser vistos no Anexo A.

Para que se possa ter uma idéia do comportamento relativo da estrutura da embalagem, são realizados testes de tensão, de forma a obter um perfil do comportamento do conteúdo e da resistência estimada para a termossoldagem existente.

Ainda, são realizados os testes de ar residual, que podem ser efetuados por destruição das embalagens ou sem a destruição, com o emprego de técnicas por diferencial de pressão em coluna de água. Há certo interesse em se diagnosticar a existência sem o devido controle, de forma a obter um perfil para efetuar a calibração e validação dos equipamentos e do processo, respectivamente.

2.7. Características de refeições do tipo “pronta para o consumo”

As refeições prontas para o consumo (*meal read-to-eat* – MRE) surgiram no mundo entre as décadas de 60 e de 70, com o advento espacial, que teve papel fundamental em diversos conceitos atrelados ao desenvolvimento e fornecimento de refeições em condições adversas. Tais refeições satisfizeram mais do que qualquer outra tecnologia e as necessidades foram plenamente incorporadas ao perfil de desenvolvimento das refeições das equipes, sendo que as análises comprovaram seu êxito. Já na década de 70, o programa esteve à procura de novidades e modernidade, em cardápios de fácil emprego como forma de estímulo ao consumo e com requisitos de salubridade comprovada para o não comprometimento das atividades da equipe de astronautas (BRODY, 2004)

A sua importância é uma realidade nos países industrializados, sobretudo para produtos alimentícios, que tem sofrido grandes transformações

nas últimas décadas, pelo aparecimento de novos materiais e novas tecnologias (BRODY, 2004).

Em sua grande maioria, as pesquisas de campo passaram a ocorrer com desdobramentos militares, em que adaptações e ajustes foram efetivados para só depois migrarem para o campo comercial e servirem para os mais diversos fins e atividades (DORIOT, 1994).

Basicamente, os conceitos de processos e alimentos confundem-se no que diz respeito ao fornecimento de alimentos prontos para emprego e suas características estão associadas à possibilidade de aceitabilidade e a isto se agrega o controle dos princípios de esterilização como meio de redução da microbiota existente e inativação enzimática (DORIOT, 1994).

Esse tratamento, através do uso de calor, tem como objetivo principal a destruição dos microrganismos patogênicos, deterioradores e inativação de enzimas, prevenindo sua deterioração e mantendo-o inócuo. Os melhores processos são aqueles capazes de promover a eliminação de microrganismos patogênicos e deterioradores e a inativação de enzimas sem, contudo, provocar modificações indesejáveis nas características gerais de matéria-prima submetida ao tratamento (STUMBO, 1968).

2.8. Características das atuais Rações Operacionais das Forças Armadas

A alimentação fornecida diariamente pelas Organizações Militares (OM) ao usuário é elaborada contendo todos os nutrientes necessários a uma dieta compatível com as atividades exigidas pelo mesmo.

Entretanto, nem sempre é possível fornecer a alimentação preparada nas cozinhas das unidades militares, particularmente em situações de campanha, combate, abandono de aeronaves e embarcações, sobrevivência, naufrágios ou outras de conveniência para o treinamento e instrução da tropa. Nessas situações, são utilizadas as Rações Operacionais (ANÔNIMO, 1981).

Esta alimentação constitui-se em um conjunto de cardápios, previamente processados e acondicionados, para prover o sustento de uma pessoa, durante um determinado período de tempo. Com a evolução da indústria alimentícia e a necessidade de incrementar agilidade ao combatente, adaptando-o

à dinâmica da modernidade, caracterizada pela tecnologia, velocidade e precisão, faz-se necessário aperfeiçoar as Rações Operacionais, agregando-lhe facilidade e rapidez de preparo, diminuição do peso e volume e maior qualidade e digestibilidade com baixo custo.

Os descritivos e composição de cada tipo de ração variam em conformidade com as atividades e missões a serem desempenhadas pelas tropas ou pelotões desdobrados.

As Rações Operacionais, atualmente utilizadas pelas Forças Armadas, têm na sua composição alimentos básicos, os quais são constituídos de cardápios de carne em cubos com legumes, de pronto consumo, em embalagens flexíveis esterilizáveis, além de outros complementos.

O enfoque da presente pesquisa estará concentrado na refeição industrializada em embalagem flexível esterilizável.

2.9. Processo de esterilização comercial

O interesse da indústria de alimentos pelo processamento em embalagens flexíveis esterilizáveis pode ser atribuído principalmente a três fatores: conveniência, melhoria da qualidade dos alimentos processados e um potencial de redução de energia no processo. Esta possibilidade de produzir alimentos de melhor qualidade e com menores custos tem proporcionado pesquisas em processamentos térmicos de vários produtos alimentícios em embalagens flexíveis. Da mesma maneira, despertou interesse da indústria de equipamentos a qual tem adaptado ou até mesmo desenvolvido novos equipamentos para o processamento térmico das embalagens flexíveis (STEFE *et al.* 1980)

Assim como para embalagens metálicas, os flexíveis são comumente classificados na categoria de “esterilizados comercialmente” (GAVA, 2002). Referem-se ao fato de que nenhum microrganismo viável pode ser detectado pelos métodos de cultura normalmente empregados, ou que o número de sobreviventes é tão baixo que não apresenta riscos sob condições de enlatamento e estocagem. Além disso, microrganismos podem estar presentes em alimentos enlatados, mas podem não se desenvolver no produto devido ao pH indesejável, potencial de oxidação ou temperatura de estocagem (HOLDSWORTH, 1997).

Além das características de resistência mecânica de qualquer filme flexível, os materiais designados para as embalagens flexíveis são diferenciados pela capacidade de suportar altas temperaturas de esterilização. As características inerentes dos filmes de PET, alumínio e PP conferem ao laminado e, conseqüentemente, às embalagens, a possibilidade de serem processadas até 135°C (LOPEZ, 1981).

As embalagens flexíveis têm sido processadas em autoclaves contínuas ou em bateladas, desde que certas condições especiais sejam atendidas. Os meios de aquecimento utilizados no processamento são: vapor saturado, misturas vapor-ar e água com sobre pressão de ar. A utilização de água com sobre pressão de ar tem sido preferida, uma vez que proporciona elevado coeficiente de transferência de calor e oferece melhor controle de operação quando comparada com as misturas vapor-ar (LOPEZ, 1981).

Uma das importantes propriedades dessas embalagens durante o processamento térmico é a flexibilidade, que confere um motivo especial de atenção durante a esterilização. Quando uma diferença de pressão ocorre no início do ciclo de resfriamento a expansão dos gases no interior da embalagem pode provocar estouro se não houver um controle rigoroso da sobre pressão de ar no interior da autoclave (LOPEZ, 1981).

2.9.1. Vantagens das embalagens flexíveis esterilizáveis

LOPEZ (1981) apresenta uma série de vantagens e desvantagens atribuídas ao processamento térmico de alimentos em embalagens flexíveis, dentre as quais:

1. Estabilidade semelhante a dos alimentos processados em latas de folha de flandres;
2. Menor espaço requerido para estocagem das embalagens, mesmo em embalagens secundárias, como caixas de papelão;
3. Redução do tempo de processamento entre 30 e 40% resultando em economia de energia. O formato das embalagens permite maior área superficial por unidade de massa, permitindo uma melhor transferência de calor, reduzindo o tempo requerido de processo para se atingir a esterilidade comercial.

4. Menor tempo de exposição a altas temperaturas resultando em melhoria das características sensoriais e retenção de nutrientes;
5. Menor volume e peso de estocagem das embalagens vazias;
6. As latas de folhas de flandres oferecem menor área de impressão para um mesmo peso (gramas) de produto;
7. O custo unitário da embalagem flexível é menor que as latas de folha de flandres, no entanto, a necessidade de uma embalagem secundária mais reforçada pode vir a igualar os custos;
8. A energia requerida para a produção das embalagens é menor que para as latas de folhas de flandres;
9. Problemas com corrosão deverão ser inexistentes;
10. Maior segurança aos consumidores pela facilidade de abertura, utilização e descarte de embalagens quando comparadas aos vidros e latas de folhas de flandres;
11. O uso de embalagens secundárias proporciona melhor identificação do produto;
12. O uso de embalagem flexível permite um melhor controle de fracionamento, promovendo propaganda de refeições para solteiros e idosos entre outros;
13. Muitos produtos acomodam-se fisicamente melhor nas embalagens flexíveis que nas latas, como por exemplo, filés de peixe, carne, etc.;
14. Maior flexibilidade ao produtor para mudanças de tamanho das embalagens;
15. Uma vez que as latas amassadas podem causar algum tipo de rejeição em supermercados, os índices serão menores utilizando-se embalagens flexíveis.

2.9.2. Desvantagens das embalagens flexíveis esterilizáveis

Segundo o mesmo autor, entre as principais desvantagens oferecidas pelas embalagens flexíveis devem ser mencionadas as seguintes:

1. Maior custo de investimento de equipamento para enchimento, termossoldagem e processamento térmico.
2. As operações de enchimento de embalagens são mais complexas e mais lentas que latas de alumínio e vidros.
3. O processamento térmico das embalagens é mais complexo.

4. A natureza flexível das embalagens torna mais difícil a detecção de vazamentos e são mais facilmente perfuradas.
5. Maior investimento em propaganda para educação de consumidores e vendedores.

2.9.3. Parâmetros do processo de esterilização

Na esterilização utiliza-se autoclave, à temperatura média de 121,1°C, em aproximadamente de 14 minutos. O tempo deverá ser aumentado quando a autoclave estiver muito cheia com meios para esterilizar. Existem vários tipos de autoclaves, podendo ser horizontais ou verticais e com capacidades distintas (COSTA, 2001).

F é o parâmetro utilizado pelas indústrias de conservas como sendo o tempo necessário, na temperatura definida, para reduzir a população microbiana presente no alimento até o nível desejado. Tal valor será sempre estabelecido pela situação mais extrema dentre os microrganismos tidos como alvo e quando este valor refere-se à temperatura de 121,1°C e $Z = 10^\circ\text{C}$ é designado por F_0 (MOSSEL *et al.*, 2003).

ORDÓÑEZ, *et al.* (2005), atribui as formas esporuladas de bactérias como o *C. sporogenes* PA-3769 o valor de $D_{121} = 1,5$ min. Vale ressaltar que admite-se a possibilidade de coexistência de bactérias esporuladas termófilas como é o caso do *B. stearothermophilus*, em que o autor atribui $D_{121} = 4$ a 5 min. Dentro desta análise, serão aplicados valores de F_0 de 14 a 20 min, as quais deverão causar reduções de 4 a 5D dos esporos desses microrganismos tomados como alvo.

O esquema de posicionamento dos termopares no interior das bolsas pode ser encontrado no Anexo B.

Nas indústrias, existem linhas de produção onde as embalagens são trabalhadas manualmente, com envase e termossoldagem manual. Esse sistema dificulta a aplicação na produção de pratos prontos, principalmente se o produto exigir baixo teor de O_2 residual. Além disso, o fato do produto ser esterilizado em autoclave com uso de sobre pressão, exige uma termossoldagem muito bem executada de modo a garantir a eficiência do processo de esterilização assim como a hermeticidade durante o período de estabilidade do produto. O

fechamento em temperatura e pressão inadequadas representam grande risco de vazamento de produto, separação das camadas do laminado e, conseqüentemente, a contaminação e posterior deterioração do produto (RICE, 1994).

Os parâmetros importantes para se conseguir boa eficiência em termossoldagem de laminados flexíveis esterilizáveis são: tempo, temperatura e pressão. Esses parâmetros devem ser devidamente ajustados para cada tipo de laminado (composição e espessura), antes do início do enchimento e devem ser rigorosamente monitorados durante a produção (RICE, 1994).

Neste sentido, todo e qualquer processo manual deveria possuir um sistema de vácuo em câmara e um controle de pressão, temperatura e tempo de termossoldagem. Conforme descrito por RICE (1994), o procedimento para a produção de alimentos em embalagem flexível e esterilizável e ambiente com controle de pressão e da qualidade do ar, temperatura e umidade relativa, com os passos abaixo descritos:

- a. abertura manual das embalagens pré-formadas;
- b. posicionamento manual em um dosador por pistão volumétrico quando líquido e pastoso ou volumétrico (tipo caneca) quando sólido, na maioria dos casos com baixa precisão;
- c. controle de peso individual por balança de no mínimo duas casas decimais com ajuste de peso manual (adicionando ou retirando produto);
- d. achatamento manual do espaço vazio para eliminação do volume de ar do interior da embalagem
- e. termossoldagem por mandíbulas duplas de acionamento através de pedal.

2.9.4. Procedimentos de esterilização em flexíveis esterilizáveis

No enchimento de produtos, existem enchedeiras especialmente desenvolvidas para as diversas classes de produtos (líquidos, sólidos e pastosos), de modo a minimizar problemas como formação de espuma, respingos, distribuição de sólidos, etc.

O enchimento não deve exceder o volume nominal da embalagem de modo a evitar embalagens com excessivas deformações e esforço demasiado nas áreas de fechamento durante o tratamento térmico. Outro cuidado especial nesta

etapa é evitar a contaminação da área de fechamento, fato que pode comprometer a hermeticidade da embalagem. Uma técnica para evitar essa contaminação, quando do acondicionamento de produtos pastosos, é o enchimento da embalagem com dosadoras onde o bico de enchimento se movimenta partindo da base até o topo da embalagem, na medida em que se deposita o produto. Este procedimento evita respingos de produto na área de fechamento.

Em função das dimensões da embalagem é recomendável que o enchimento não ultrapasse o limite especificado em relação ao topo da embalagem. Enchedeiras com dispositivos para proteção física da região de termossoldagem também minimizam este tipo de problema, conforme descrito por LAMPI (1980).

A presença de vapor na região de fechamento também é prejudicial à integridade da hermeticidade, uma vez que durante a termossoldagem desenvolve-se uma pressão de vapor nessa área, o que acarreta formação de bolhas na região, quando cessada a pressão dos mordentes de termossoldagem. Esse tipo de contaminação é mais comum em sistemas de enchimento a quente, e podem comprometer integralmente a termossoldagem. Esse problema pode ser reduzido, utilizando, no caso de fechamentos por barras aquecidas, múltiplas estações de soldagem onde em um primeiro estágio se evapora a umidade e só então a embalagem é efetivamente fechada. Quando se utiliza pulso elétrico, a própria característica do processo, ou seja, o aumento gradual da temperatura permite a expulsão do vapor de água. Além do cuidado com o enchimento, muita atenção deve ser dada ao conteúdo de ar residual da embalagem (LAMPI, 1980).

A remoção do ar residual do espaço-livre da embalagem previne o aumento excessivo da pressão interna e o comprometimento da eficiência da penetração de calor durante o tratamento térmico, facilita a detecção de contaminação pós-processamento, facilita a colocação das embalagens em cartuchos e em embalagens de transporte, além de minimizar as alterações físicas, químicas e sensoriais do produto durante a estocagem pelas reações de oxidação (ORTIZ, 1986).

Alguns produtos sólidos contribuem para o aumento do volume de ar residual na embalagem pela retenção considerável de gás no interior dos tecidos, bem como molhos e líquidos de cobertura que são envasados a frio e podem

conter quantidades consideráveis de gases dissolvidos. Desta forma, é necessário algumas precauções para evitar liberação de altos volumes de gás durante a preparação dos produtos. Para alguns produtos, a ordem de enchimento dos componentes pode, inclusive, afetar o volume de ar residual (OLIVEIRA *et al.*, 1990).

Para embalagens de 120 a 160g, são indicados 10 mL ou menos de ar residual porém, para produtos mais sensíveis esse volume deve ser reduzido para 5 mL. No caso de produtos sólidos, com pouco ou nenhum líquido, a melhor opção é o acondicionamento à vácuo (BEVERLY *et al.*, 1980).

O padrão de 10 mL também é especificado pelas Forças Armadas dos EUA para os seus produtos. Padrões como 2% do volume de produto também são encontrados na literatura técnica, conforme mencionado por OLIVEIRA *et al.*, (1990).

Dentre as técnicas para remoção do ar residual de embalagens flexíveis esterilizáveis, citam-se: (BEVERLY *et al.*, 1980).

- A. Snorkel:** consiste basicamente num tubo que penetra a embalagem através de uma pequena região não soldada. Após sucção do ar, o tubo é extraído e ocorre a soldagem definitiva da embalagem. Este sistema não é muito adequado porque freqüentemente ocorre contaminação da área de soldagem pelo próprio tubo.
- B. Câmara de vácuo:** a embalagem é transportada para uma câmara de vácuo e é termoselada no seu interior, geralmente utilizado para sólidos com pouco ou nenhum fluido.
- C. Compressão mecânica:** o ar é excluído fisicamente por compressão das paredes da embalagem ou esticando a região de soldagem, o que provoca elevação do nível de enchimento e conseqüente redução do espaço livre, sendo ideal para produtos viscosos.
- D. Injeção de vapor:** um fluxo de vapor é aplicado sobre o produto para arrastar o ar do espaço livre. A termosoldagem é feita logo em seguida, sendo um sistema muito utilizado pelas indústrias. Para minimizar a contaminação da região de fechamento são utilizadas mandíbulas de perfil curvo.

É conveniente ressaltar que uma termossoldagem com boa qualidade é fundamental na prevenção da recontaminação do produto, por microrganismos, durante as etapas de resfriamento, manuseio, transporte e comercialização. Sendo assim, é necessário que as áreas termosseladas resistam às temperaturas utilizadas no tratamento térmico e apresentem bom desempenho durante a distribuição e vida útil do produto.

Os mesmos princípios utilizados para a definição dos parâmetros de processamento térmico de alimentos em latas de folhas de flandres ou frascos de vidro aplicam-se às embalagens flexíveis esterilizáveis. Porém, também devem ser consideradas algumas características peculiares a esse sistema como, por exemplo, formato e espessura da embalagem, ar residual, disposição da embalagem na autoclave, volume de calda ou salmoura, resistência mecânica e estabilidade dimensional do material de embalagem.

A espessura ou o formato final da embalagem flexível após envasada e fechada são considerados como um dos principais fatores críticos para o processamento térmico do alimento. Como as condições de processamento devem ser estabelecidas com base na espessura máxima que a embalagem vai atingir durante o tratamento térmico, esse parâmetro deve ser bem conhecido e se possível pré-definido. Para tanto, se recomenda que a embalagem seja mantida imobilizada, pois desta forma é possível controlar a espessura total da embalagem durante o tratamento térmico. Essa estocagem é realizada através de bandejas especiais (*racks*), cujo dimensionamento estabelece a espessura máxima a ser atingida pelas embalagens. Para favorecer a transferência de calor, essas bandejas devem ser perfuradas e se possível apresentar parede dupla, de maneira a permitir boa transferência de calor entre camadas de embalagens (LOPEZ, 1981).

As bandejas ainda devem apresentar compartimentos que impeçam a movimentação e sobreposição das embalagens durante o processamento térmico. A construção das bandejas deve ser de modo a não danificar as embalagens, ou seja, não devem, por exemplo, apresentar pontas e superfícies abrasivas.

Após o processamento térmico, o conteúdo da embalagem é considerado comercialmente estéril. A preservação deste estado depende, sobretudo, da hermeticidade da embalagem em impedir a recontaminação por

microrganismos, que podem ocorrer tanto na própria planta processadora como durante a distribuição do produto (LAMPI, 1986).

Fontes potenciais de recontaminação microbiana incluem a água de resfriamento das embalagens, os equipamentos nos quais as embalagens processadas são manipuladas e as mãos humanas que entram em contato com a embalagem, seja na planta processadora, na distribuição ou no consumo (LEBOWITZ, *et al.* 1990).

Para a obtenção de uma água de resfriamento com boa qualidade bacteriológica, recomenda-se a cloração, mesma prática adotada pelo processamento térmico convencional envolvendo embalagens metálicas.

A necessidade de limpeza e higienização de equipamentos de esterilização é outra prática comum na indústria de alimentos como forma de minimizar a recontaminação do produto (LEBOWITZ, *et al.* 1990).

A secagem das embalagens esterilizadas deve ocorrer o mais rápido possível, pois desta forma tem-se a redução dos sítios de proliferação microbiana em equipamentos e na própria embalagem, já que microrganismos não se multiplicam na ausência de umidade. Para a secagem das embalagens combinam-se os efeitos da temperatura residual da esterilização, que favorece a evaporação, agentes secantes e sistemas de ar. Agentes secantes são adicionados na água de resfriamento e também podem ter uma ação detergente, auxiliando na remoção de contaminação por produto resultante de falhas na embalagem dentro da autoclave. Um sistema eficiente de secagem resulta em menos de 15mg de água/100cm² de área superficial externa da embalagem (LOPEZ, 1981).

A avaliação da qualidade em um usuário de suas embalagens pode ser dividida em duas etapas: avaliação do material de embalagem recebido e controle de qualidade exercido na linha de produção da própria empresa.

Todo o lote recebido, seja na forma de bobina ou embalagem pré-formada, deverá ser avaliado baseado em normas oficiais de qualidade quanto às características visuais, dimensionais e defeitos funcionais. Essa inspeção visa detectar, por exemplo, dimensões, largura de termossoldagem, profundidade e localização dos picotes fora dos especificados, presença de separação e evidências de solvente residual (BEVERLY *et al.*, 1980).

Deve-se determinar ainda a resistência à separação entre a folha de alumínio e a camada interna da estrutura.

Em embalagens pré-formadas determina-se também a resistência da termossoldagem à tração e resistência ao aumento da pressão interna. Nestes casos se deve ainda verificar a ocorrência de fusão das superfícies a serem soldadas, o que é caracterizado pela impossibilidade de se distinguir na área de solda as duas superfícies. Nesse caso, verifica-se na solda, quando há tracionamento, uma quebra do filme interno (único) formado, podendo ou não haver uma separação desta camada em relação a uma das faces da embalagem (BEVERLY *et al.*, 1980).

Alguns parâmetros de qualidade de embalagens flexíveis esterilizáveis são usualmente monitorados pelas empresas que empregam a tecnologia, tais como:

- Resistência à pressão interna;
- Resistência da termossoldagem à tração;
- Resistência à separação;
- Solvente residual;
- Dimensões da embalagem: Largura da termossoldagem de fundo, Largura da termossoldagem lateral, Largura da termossoldagem onde está localizado o *picote*, Posição do *picote*;

Na linha de produção recomendam-se amostragens em intervalos de 30 minutos nas etapas consideradas críticas, ou seja, após a formação da embalagem, fechamento e esterilização. Neste caso, após cada batelada, recomenda-se também uma inspeção visual de 100% das embalagens esterilizadas (BEVERLY *et al.*, 1980).

Segundo relatado por TUOMY, *et al.* (1982), as embalagens, após o processo de esterilização, devem resistir ao teste de pressão interna de 1,4 kgf/cm² por 30 segundos, quando a espessura do conjunto alimento-embalagem for de 13 mm, com as termossoldagens cedendo no máximo 1,6 mm., que conforme o autor, este valor é o mesmo exigido pelas Forças Armadas dos EUA.

Antes da liberação dos lotes processados é recomendável a incubação a 35°C durante 10 dias de amostras estatisticamente representativas retiradas de

diferentes pontos da autoclave. O número de amostras para incubação deve ser pelo menos o dobro do exigido para produtos enlatados (LAMPI, 1980).

Após finalizado o processo de fabricação, as bolsas são colocadas em embalagens secundárias para atender dois objetivos, minimizar a contaminação microbiana na superfície externa da embalagem e conferir proteção física contra abusos durante distribuição e comercialização. Normalmente são utilizadas embalagens secundárias para vendas no varejo, enquanto que no mercado institucional elas são dispensáveis, conforme descrito por LAMPI (1980).

Na aplicação do mercado, os cartuchos são as embalagens secundárias mais comumente utilizadas para conter flexíveis esterilizáveis. Em geral, são utilizadas encartuchadeiras que montam e colam os cartuchos, em seguida a bolsa é introduzida e o topo do cartucho colado automaticamente (LAMPI, 1980).

As embalagens para fins militares têm em geral maior restrição de movimentos. Neste caso, o cartucho é formado como uma bandeja; uma pequena quantidade de adesivo para colagem a frio é aplicada no fundo e a embalagem é colocada dobrada. Fecha-se então a bandeja e as tampas e laterais são coladas (LAMPI, 1980).

Para embalagem de transporte são utilizadas caixas de papelão ondulado onde as embalagens secundárias podem ser arranjadas na posição horizontal ou vertical. Apesar de influírem na resistência à queda, fatores como textura do produto, dimensões da embalagem e número de unidades por caixa, a posição horizontal é a preferida, principalmente quando o produto é fluido, pois exerce menor força nas regiões da termossoldagem (LAMPI, 1980).

Para as embalagens com polipropileno como camada termoselante, a abertura da embalagem é feita utilizando-se um objeto cortante. Para embalagens que apresentam um picote próximo à termossoldagem de topo, a abertura torna-se mais fácil, podendo ser efetuada através de rasgamento manual (OLIVEIRA *et al.*, 1990).

2.9.5. Eficiência do processo de esterilização

A respeito de processamento de alimentos de maneira geral, EVERSON (1964) relata que os objetivos dos estudos relacionados à otimização

dos diferentes processos, devem considerar os seguintes fatores: retenção de nutrientes, inativação enzimática e destruição de microrganismos, sem deixar de considerar em conta fatores econômicos como produtividade e consumo de energia.

Comparando-se a velocidade de degradação de nutrientes com a de destruição dos microrganismos que causam deterioração nos alimentos, verifica-se que a retenção de nutrientes é favorecida por processos HTST (altas temperaturas por curtos períodos de tempo). Isto foi verificado experimentalmente para a retenção do aminoácido tiamina em alimentos infantis, conforme relatado por EVERSON (1964).

Outra desvantagem do processamento térmico de alimentos é a modificação de pigmentos, resultando em alterações na cor natural do mesmo. Neste caso, assim como na retenção de nutrientes, a cinética de primeira ordem das reações envolvidas favorece a utilização do processamento HTST para que sejam obtidos produtos com a mesma segurança microbiológica, porém com melhor quantidade.

Segundo MULLEY *et al.*, (1975), geralmente a eficiência do processamento térmico é medida utilizando-se critérios microbiológicos, porém existe o risco de ocorrer contaminação durante o processo de esterilização, comprometendo a avaliação da intensidade do tratamento térmico aplicado. Desta forma, a retenção de nutrientes parece ser um índice mais adequado para se avaliar o processamento térmico aplicado.

No caso de alimentos sólidos enlatados, como carne e peixe, o termoprocessamento normalmente é feito considerando-se a temperatura da autoclave constante para assegurar a esterilização do alimento com um determinado tempo de processo. A idéia de que uma melhora na qualidade poderia ser obtida com um processo onde a temperatura da autoclave variasse ao longo do tempo vinha até então sendo desconsiderada devido à dificuldade experimental e ao erro que estaria envolvido, conforme discutido por TEIXEIRA *et al.*, (1975).

2.9.6. Modelamento matemático de transferência de calor

Entre as principais aplicações do modelamento matemático de transferência de calor em processamento de alimentos estão o desenho e a avaliação de processos destinados a produzir alimentos comercialmente estéreis. Estes processos consistem em aquecer os alimentos em autoclaves pressurizadas a temperatura constante por determinados períodos de tempo. Os processos são calculados com o intuito de garantir a inativação de microrganismos capazes de causar risco à saúde pública (CRISTIANINI, 1998).

Associado a cada processo térmico, para a inativação de microrganismos, existirá sempre certa degradação de nutrientes ou de qualquer outro fator de qualidade. Assim, extremo cuidado é necessário no cálculo do tempo e da temperatura de processos para se evitar tanto o sub como o super processamento. O modelo deve ser capaz de prever a temperatura do produto sujeito às variações de temperatura do processo, possibilitando assim o cálculo do valor de esterilização entregue ao mesmo (HAYAKAWA, 1978).

Desde que BALL em 1923 publicou um primeiro modelo matemático para avaliar processos de esterilização de alimentos, muitos outros procedimentos têm sido publicados.

Estes procedimentos são geralmente classificados em dois grupos:

Grupo I: baseados na avaliação da letalidade no ponto frio do produto;

Grupo II: baseados na avaliação da letalidade média da massa de todo o alimento contido na embalagem.

A idéia básica dos métodos numéricos é o processo de discretização, que reduz o problema físico contínuo, com um número infinito de incógnitas, a um problema discreto com um número finito de incógnitas que pode ser resolvido por computador. O desenvolvimento de um método confiável de análise do processamento térmico depende da escolha adequada do método numérico e da forma de converter os dados de tempo e temperatura em letalidade ou extensão da reação (WELT *et al.*, 1997).

O efeito do processamento térmico sobre a qualidade de alimentos enlatados tem demonstrado grande interesse por parte dos processadores de

alimentos. O interesse da literatura científica nos últimos anos reflete a importância econômica e nutricional deste tipo de processo.

O avanço das técnicas computacionais tem possibilitado o uso de métodos matemáticos mais sofisticados para a resolução das equações diferenciais de transferência de calor, onde o rigor na determinação das propriedades térmicas dos alimentos, das características geométricas das embalagens e dos coeficientes de transferência de calor torna-se fundamental para a obtenção de modelos mais exatos.

Assim sendo, as propriedades térmicas, condutividade, calor específico e difusividade térmica devem ser determinadas com extremo cuidado, já que disto dependerá a exatidão dos modelos matemáticos de temperatura obtidos.

A condutividade térmica é a propriedade física de uma dada substância que está relacionada com a facilidade com a qual a energia térmica se propaga através dela devido a um gradiente de temperatura (INCROPERA, 1998).

No caso de alimentos com alto teor de umidade a condutividade é próxima à da água, já que esta propriedade depende basicamente da composição química, da estrutura física, da densidade, da temperatura e do teor de umidade dos alimentos.

Métodos empíricos de determinação da condutividade têm sido empregados e um grande número de dados para produtos alimentícios foi determinado por meio de equações. Estas expressões apresentam sérios inconvenientes, já que existem variações na composição química, estrutura interna e outros fatores que podem afetar as propriedades térmicas dos produtos e que não são computados. As equações são baseadas apenas na matéria seca e teor de umidade do material (PARK *et al.*, 1997).

Existem diversas técnicas para determinação da condutividade térmica de alimentos. Dentre elas, um método transiente bastante utilizado é o da sonda linear. Esta metodologia consiste em aplicar na amostra uma quantidade de calor conhecida através de uma sonda e medir a variação de temperatura em intervalos de tempo conhecidos (PARK *et al.*, 1997).

Calor específico é a quantidade de calor recebida ou cedida por unidade de massa de um produto necessária para fazer variar sua temperatura em uma unidade se que haja mudança de estado físico (SINGH *et al.*, 1993).

Assim como a condutividade térmica, o calor específico de um alimento depende de fatores como composição, umidade, temperatura e pressão do mesmo. SINGH *et al* (1993), apresentam fórmulas para cálculo do calor específico de alimentos baseadas em sua composição centesimal.

A difusividade térmica mede a capacidade do material em conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la. Sendo assim, materiais com elevada difusividade térmica responderão mais rapidamente às mudanças do que materiais com difusividade térmica inferior (CRISTIANINI, 1998).

A difusividade térmica pode ser obtida através de uma correlação entre as demais propriedades térmicas, isto é, pela divisão da condutividade térmica pela capacidade calorífica. A capacidade calorífica mede a capacidade de um determinado material em armazenar energia térmica, sendo dada pelo produto da densidade pelo calor específico do material (CRISTIANINI, 1998).

Devido ao estreito perfil do laminado de fabricação da bolsa, o coeficiente convectivo de transferência de calor (h) durante o processamento térmico pode ser dito como “global”, uma vez que, em adição ao coeficiente de transferência de calor externo entre o meio de aquecimento e a bolsa, também está incluída a resistência entre o suporte das mesmas e a embalagem (CRISTIANINI, 1998).

Enquanto coeficientes de transferência de calor entre a superfície e latas e meios de aquecimento com vapor saturado podem ser considerados perto de infinito, o reprocessamento de bolsas flexíveis utilizando-se água sobre pressão ou sob misturas vapor-ar como meios de aquecimento não podem assumir as mesmas características (CRISTIANINI, 1998).

Mc GINNIS (1986) utilizou um modelo tridimensional retangular de transferência de calor como aproximação para uma embalagem e um método numérico para estimar os coeficientes convectivos de transferência de calor.

O método de elementos finitos surgiu no início dos anos 50 na indústria aeroespacial como um método numérico para resolução de equações diferenciais da física e engenharia. O conceito fundamental do método é baseado no fato de que qualquer ‘quantidade contínua’, como por exemplo, temperatura ou pressão, pode ser aproximada por um modelo discreto composto de uma série de funções contínuas definidas em um número finito de sub-domínios (CRISTIANINI, 1998).

O interesse da literatura científica no uso do *Método de Elementos Finitos* voltado para o processamento de alimentos tem aumentado nos últimos anos. Os alimentos formam sistemas complexos apresentando formas irregulares, propriedades freqüentemente anisotrópicas e não uniformes, tornando o modelamento matemático um desafio difícil. O método tem se mostrado uma ferramenta analítica muito importante, uma vez que, muitas das simplificações e considerações normalmente adotadas com relação às propriedades físicas dos alimentos (formas irregulares, materiais não homogêneos e anisotrópicos) podem ser eliminadas com seu uso.

Uma revisão muito interessante das aplicações deste método é apresentada por PURI *et al.*, (1993). Os autores apresentam algumas aplicações em processos de esterilização, resfriamento, congelamento, transferência de massa, secagem e outros. A maioria dos estudos, no entanto, são limitados a análises bidimensionais. Pouco se tem feito com respeito a análises tridimensionais e análise conjuntas de transferência de calor e massa. Segundo os autores o método apresenta um enorme potencial a ser explorado em processamento de alimentos. Aplicações do Método de Elementos Finitos na engenharia de alimentos também são apresentadas por SINGH (1974). Os autores demonstram uma teoria básica do método e duas aplicações em processos axi-simétricos dependentes do tempo: o tratamento térmico de uma lata cilíndrica contendo material homogêneo e o aquecimento de uma *coxa de frango* composta de quatro materiais distintos. Os exemplos, simulados por computador, ressaltam duas grandes qualidades do método: o uso de geometrias irregulares e de materiais compostos.

TANDON *et al.*, (1986) avaliaram o processo térmico de embalagens flexíveis contendo alimentos condutivos, considerando a forma real das mesmas. Um método de diferenças finitas modificado foi utilizado para resolver as equações de *Fourier* para condução de calor em duas dimensões. A transferência de calor foi analisada na seção transversal elíptica da embalagem, a qual foi representada por uma malha. A distribuição de temperaturas no produto e o valor de F_0 calculados pelo método físico foram comparados com resultados obtidos pela simulação utilizando-se o método de diferenças finitas e pelo uso de um *software* (ANSYS) o qual utiliza-se do método de elementos finitos. Segundo os autores, os

resultados encontrados foram similares. Uma diferença máxima de temperatura encontrada pelos dois métodos de 1°C foi encontrada no ponto mais frio da embalagem.

NAVEH *et al.*, (1983) utilizaram o método de elementos finitos para avaliar o processamento térmico de purê de maçã em potes de vidro, o qual permite simulações realísticas das condições de processamento de alimentos.

SASTRY *et al.*, (1985) desenvolveram um modelo tridimensional para solução simultânea de transferência de calor e massa em cogumelos pelo método de elementos finitos. O modelo proposto forneceu resultados bastante similares àqueles obtidos experimentalmente (erro máximo de 8% no modelo que estimou a retenção de agaritina).

BANGA *et al.*, (1993) modelaram o processamento de atum sólido em latas considerando três tipos de aproximações para o problema: a) sistema homogêneo e isotrópico (Modelo A); b) sistema homogêneo e anisotrópico (Modelo B) e c) sistema heterogêneo e anisotrópico (Modelo C). Os três modelos foram validados através de dados experimentais. Os autores concluíram que o Modelo C, que utiliza método de elementos finitos, é o mais rigoroso e apresenta a melhor predição de história térmica; no entanto, o tempo computacional é muito maior.

Enquanto as fórmulas empíricas para avaliação para processos bem estabelecidos (geometrias simples, temperatura constante do meio de aquecimento, etc), os métodos numéricos, para solução das equações diferenciais, tem avançado e apresentado maior interesse para aplicações em situações mais realísticas onde as geometrias são complexas, as propriedades físicas dos alimentos não são constantes e as condições são dependentes do tempo.

III. OBJETIVO

Além dos objetivos principais, como verificar a adoção de novas embalagens, melhoria das refeições apresentadas e qualificação dos cardápios a serem oferecidos, a pesquisa ainda envolveu a compatibilização de embalagens flexíveis esterilizáveis do tipo *stand up* de fácil abertura, visando aperfeiçoar e facilitar o consumo de cardápios do tipo de carnes com legumes ou compostos na própria embalagem, reduzindo o peso (gramas) e, conseqüentemente, os custos de materiais de embalagem e acessórios atualmente incluídos nos pacotes das refeições.

Espera-se, ainda, com os resultados obtidos, alcançar ganhos significativos em manuseio, estocagem e transporte das Rações Operacionais das Forças Armadas, em sua atuação no território nacional.

IV. MATERIAL E METODOLOGIA

4.1. Matéria-prima

Como matérias-primas de composição dos cardápios utilizou-se carne com legumes conforme segue: carne bovina *in natura*, tipo paleta, em cubos com 20 x 20 x 20 mm, fornecida pelo frigorífico JBS - FRIBOI S.A., São Paulo – SP; batata em cubo *in natura* com 15 x 15 x 15 mm, cenoura em cubo *in natura* com 15 x 15 x 15 mm, arroz polido cru e condimentos em geral, sólidos e líquidos fornecidos pela HB Hortifrutigranjeiros Ltda, São Paulo - SP e água potável.

4.1.1. Análises microbiológicas das matérias-primas

Para avaliação da carga microbiana inicial das matérias-primas e obtenção de dados iniciais referenciais para verificação da eficiência do processo de esterilização, realizou-se as análises de: contagem de aeróbios mesófilos viáveis; contagem de bolores e leveduras; NMP de coliformes a 35°C; NMP de coliformes a 45°C; ausência de *Salmonella sp*; contagem de estafilococos coagulase positiva; contagem de *Bacillus cereus*; contagem de *Clostridium* sulfito redutor, de acordo com os procedimentos descritos em SILVA *et al*, (2001).

4.2. Preparo das matérias-primas

Procedeu-se ao descascamento da cebola, da cenoura e da batata, sendo que a cebola foi triturada com 10 voltas no cortador (*cutter*) para a composição do tempero e preparado o arroz.

As batatas e cenouras foram processadas em multiprocessador industrial para a retirada em cubos de 15x15x15 mm. Após o processamento, os cubos foram colocados em imersão para aguardo.

A carne foi recebida diretamente na planta, em temperatura de – 18°C, na dimensão de 20x20x20 mm. A carne foi retirada das embalagens à temperatura de 5°C, limpa de excessos em gordura e frita sob imersão em óleo à 177°C, durante 30 segundos.

No preparo do arroz, parte da cebola processada foi colocada no caldeirão, tipo americano, com capacidade de 100 litros para ser refogada em óleo

e alho, acrescido de 25 litros de água. O conteúdo foi misturado e deixado em cocção controlada em caldeirão fechado por aproximadamente 20 minutos para se obter o estado desejável para esterilização.

O preparo do molho foi iniciado com o refogar de cebolas trituradas, alho, sal e molho de tomate. Adicionou-se o caldo de carne e amido, que foi dissolvido em aproximadamente 20 litros de água. Aqueceu-se até 65°C e manteve-se por quinze minutos para apuração, antes do enchimento.

4.2.1. Enchimento das embalagens

O enchimento foi dosado manualmente, conforme procedimento operacional estabelecido e padronizado pelas Boas Práticas de Fabricação. Com a carne selada, a cenoura em cubos e a batata em cubos, em potes graduados com 100 g, para marcações de 87,50 g, 36 g e 54 g, respectivamente, com envase em linha contínua e, com o auxílio da enchadeira automática, adicionou-se 72,50 g de molho.

4.2.2. Inspeção visual das embalagens

Utilizou-se a metodologia por Amostragem para Inspeção por Atributos, conforme descrito na Norma ABNT NBR 5426 – reproduzida no anexo D – Tabela I: Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos (1985), Norma ASTM D2563-94 (2001) e de acordo com os protocolos do Capítulo 22 do *Bacteriological Analytical Manual*, contando com testes visuais e de contato para eventuais perfurações, pois eles podem requerer uma sobre-embalagem para a distribuição; os equipamentos especiais como teste de estouro (*burst test*), ou um teste de tensão (*tensile test*) são requeridos para a avaliação e detecção de vazamentos e integridade da embalagem, dentre outros, relatado por (ARNDT, 2001).

Os defeitos foram classificados em três categorias: *crítico*, *grave* e *tolerável*.

Defeitos críticos: são aqueles que impedem a embalagem de exercer a função de proteger e conter o produto acondicionado ou que podem produzir

algum dano efetivo ao conteúdo. Neste trabalho foram considerados como defeitos críticos: bolhas, furos, canais e adesão incompleta da termossoldagem.

Defeitos graves: são aqueles que prejudicam o desempenho da embalagem, permitindo falhas quando sob *stress*, embora o seu desempenho possa ser adequado sob condições normais de estocagem e transporte. Consideramos como defeitos graves: bolhas de ar, olho de peixe e trincas.

Defeitos toleráveis: são aqueles que prejudicam a aparência da embalagem, mas não necessariamente as funções de *conter* e *proteger*. Foi considerado como defeito tolerável apenas o amassamento.

4.2.3. Avaliação Dimensional das embalagens

A amostragem seguiu os procedimentos pré-estabelecidos e a amostra foi representativa do lote. As dimensões foram determinadas utilizando-se uma escala metálica graduada em milímetros com precisão de $\pm 0,25$ mm e com capacidade suficiente para determinar a maior dimensão da embalagem.

As dimensões exteriores da embalagem como largura e altura foram determinadas com as embalagens colocadas sobre uma superfície plana e lisa, incluindo as soldas e as bordas laterais, conforme mostrado na Figura 3.

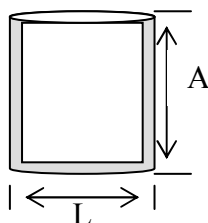


Figura 3 – Modelo representativo de uma embalagem exemplificando as dimensões de L= largura; e A = altura. (ABIEF, 2000).

Nos casos em que as embalagens apresentaram faces de comprimentos diferentes, não por especificação, mas por desencontro acidental das bordas das duas faces (desencontro de bocas), o comprimento considerado foi o de face menor.

4.2.4. Espessura do laminado

A amostragem seguiu os procedimentos pré-estabelecidos, analisando-se 18 corpos-de-prova. As medidas de espessura foram realizadas pelo menos 6 mm da borda. Para a determinação da espessura de materiais entre 25 e 250 μm , conforme a norma oficial ASTM D374-99 (1999), utilizou-se um micrômetro que possuía as seguintes características: superfície de medição paralela, superfície de medição plana e resolução mínima 0,01 mm.

Antes de iniciar as medições, limpou-se a superfície de medição do micrômetro e também dos corpos de prova que estavam livres de sujidades.

Os resultados foram expressos em algarismos inteiros e na unidade micrométrica (μm).

4.2.5. Gramatura do laminado

A gramatura foi determinada em uma balança analítica com resolução de 0,0001g. Os corpos de prova foram cortados a uma distância de aproximadamente 25 mm da borda da embalagem. Para cada corpo de prova, foi obtida massa em gramas (g). A gramatura foi calculada dividindo-se a massa obtida para o material de embalagem pela área do corpo de prova, sendo expressa em g/m^2 e em números inteiros. A gramatura de cada unidade ensaiada foi obtida pela média aritmética dos valores obtidos para cada corpo de prova.

4.2.6. Resistência à tração do laminado

As amostras foram analisadas segundo a norma ASTM 15.10 (2007). Os corpos de prova foram cortados em guilhotinas de precisão com dupla lâmina que permitiu um corte perfeito das laterais do corpo de prova, sem quaisquer danos ou imperfeições visíveis que foram exatamente paralelas à direção ensaiada.

As dimensões do corpo de prova incluem: comprimento no mínimo 50 mm mais longos do que as separações das garras usadas, paralelo à direção ensaiada; largura entre 5,0 e 25,4 mm.

Utilizou-se um dinamômetro de tração dotado de célula de carga com precisão de leitura de pelo menos $\pm 1\%$ em relação à força medida.

A definição da distância inicial das garras e a velocidade de tração no ensaio são baseadas na taxa de deformação inicial esperada para o material e na porcentagem de alongamento no ponto de ruptura. Os corpos-de-prova foram analisados nas condições de tração definidas, tomando-se o cuidado para que a direção de tração fosse exatamente paralela ao corpo de prova. Registrou-se a força medida x alongamento até a ruptura do corpo de prova. Os corpos de prova cuja ruptura deu-se de forma irregular devido a imperfeições no corte ou por defeito das garras de fixação foram desprezados. A ruptura junto às garras não foi considerada irregular se o valor de resistência observado fosse da mesma ordem de grandeza do obtido para os demais corpos de prova. Os resultados foram expressos em kgf/cm², com duas casas decimais.

4.2.7. Permeabilidade ao vapor de água

Foram analisados 18 corpos-de-prova com cloreto de cálcio anidro na forma de pequenos grânulos de 2,4 mm, correspondendo à peneira nº8, livres de pó que passe em peneira nº30 (600 µm e dessecados a 200°C, por um período de 24 horas, antes de sua utilização (ASTM E96-00 de 2005).

Utilizou-se uma câmara de condicionamento com temperatura e umidade relativa controlada, medidas freqüentemente ou preferencialmente registradas durante o ensaio. A câmara possuía um sistema de circulação de ar, para manter uniforme a condição em todos os pontos. A temperatura foi mantida com variação máxima de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa de $\pm 3\%$. Utilizou-se balança analítica com resolução de 0,1 mg (ISO 2528, 1998).

Cada embalagem foi preenchida até a metade com material dessecante, que foi selado imediatamente a fim de evitar que este absorvesse o mínimo de vapor de água da atmosfera.

A embalagem foi colocada na prateleira da câmara de acondicionamento, de modo que as suas superfícies ficassem adequadamente expostas ao ar que circulava pela câmara (posicionamento vertical).

Foram realizadas pesagens sucessivas a intervalos de tempo adequados, até obter uma taxa constante de ganho de peso (no mínimo verificadas após seis pesagens sucessivas). Na pesagem, foi evitado ao máximo o

contato manual ou de qualquer outra fonte de sujeira e/ou contaminação do material de ensaio. O intervalo das pesagens foi preferencialmente de 24 horas.

Os resultados de permeabilidade foram baseados na diferença de peso (gramas) do conjunto (embalagem+dessecante) antes e depois da exposição às condições de temperatura, umidade relativa e tempo, sendo os resultados expressos em g/m² dia a 37,8°C e 100%UR.

4.2.8. Avaliação das embalagens após o processo de esterilização

Após concluído o processo de esterilização das embalagens, a identificação de cada caixa e palete foi conduzida de maneira a facilitar a inspeção final e amostragem para posterior incubação.

No preparo das amostras para incubação de cada lote produzido, as embalagens foram identificadas com etiquetas adesivas contendo as seguintes informações: produto; peso líquido e número de lote de fabricação.

As amostras foram colocadas em uma estufa de incubação numa certa ordem de produção separados e a facilitar a movimentação dos produtos e maior controle .

A temperatura da sala de incubação foi monitorada diariamente para assegurar uma condição de 35°C ± 2°C por um período de 10 dias.

Após o período de incubação todas as embalagens foram avaliadas quanto a ocorrência de estufamento ou abaulamento.

4.2.9. Características dimensionais, composição, espessura e características mecânicas das estruturas das embalagens testadas fornecidas pelas empresas

Foram utilizadas duas diferentes embalagens em formato de envelopes, definidas e baseadas na disponibilidade do mercado nacional e internacional e nos parâmetros de operação do equipamento de enchimento do tipo **enche e fecha**, pois as embalagens foram fabricadas separadamente, pela ALCAN Alumínio do Brasil Ltda, São Paulo – SP, Brasil e pela HYEWON Packmaster Int'l International Inc., Seoul, Coreia.

4.2.9.1. Características dimensionais

Fornecedor: Alcan Alumínio do Brasil Ltda.

Foram realizados testes de gramatura total, comprimento do pré-formado, largura formada, largura da termossoldagem de picote, largura de fundo, largura de termossoldagem lateral e largura sanfonada fechada, segundo ASTM 15-10 (2007), dos fornecedores Alcan Alumínio do Brasil Ltda., São Paulo –SP e Hyewon Packmaster Int’l International Inc, Seoul, Coreia.

Na Tabela 2, estão as características dimensionais das embalagens fornecidas pelo fornecedor Alcan Alumínio do Brasil Ltda., São Paulo - SP para a amostra tipo *stand up* e tipo envelope.

Tabela 2 – Características dimensionais da embalagem flexível fornecida pela Alcan Alumínio do Brasil Ltda., para *stand up*.

Características	Dimensões
Gramatura total	146 g/m ²
Comprimento	200 mm
Largura	130 mm
Largura da selagem – picote	6 mm
Largura da selagem – fundo	7mm
Largura da selagem lateral	10 mm
Largura da sanfona fechada (só para <i>stand up</i>)	35 mm

4.2.9.2. Composição da estrutura e espessura da embalagem

Foram realizados testes de identificação dos substratos da embalagem e espessura de cada um e total, para 10 amostras, segundo norma ASTM D374-99 (1999), mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição (do lado externo para o interno) da estrutura da embalagem flexível fornecida pela empresa Alcan Alumínio do Brasil Ltda.

Material	Espessura (µm)
- Filme de PET	12,0
Tinta de impressão	0,0
Adesivo de laminação	5,5
- Folha de alumínio	9,0
Adesivo de laminação	5,5
- Filme de nylon	15,0
Adesivo de laminação	5,5
Filme de polipropileno	76,0
TOTAL	128,5

4.2.9.3. Características mecânicas da embalagem

Foram realizados testes de resistência mecânica da estrutura da embalagem para 10 amostras, segundo normas ASTM D-4169.-01, e os resultados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Características mecânicas da embalagem flexível fornecida pela empresa Alcan Alumínio do Brasil Ltda.

Descrição	Força de aderência mínima (gf/15mm)
Força de aderência longitudinal PET x Al	450
Força de aderência transversal PET x Al	450
Força de Aderência longitudinal Al x PET	450
Força de Aderência transversal Al x PET	450
Força de Aderência longitudinal nylon x PP	600
Força de Aderência transversal nylon x PP	600
Força de aderência longitudinal PP x PP	7000
Força de aderência transversal PP x PP	7000

4.2.9.4. Características dimensionais

Fornecedor: *HYEWON PACKMASTER INT'L INTERNATIONAL INC.*

Na Tabela 5, estão os resultados dos testes dimensionais médio de 10 amostras de embalagem, segundo norma ASTM D374-99 (1999).

Tabela 5 – Resultados das características dimensionais da embalagem flexível fornecida pelo fornecedor *Hyewon Packmaster Int'l International INC.*

Características	Dimensões
Gramatura total	130 g/m ²
Comprimento	195 mm
Largura	125 mm
Largura da selagem – picote	6,6 mm
Largura da selagem – fundo	6,3mm
Largura da selagem lateral	10 mm
Largura da sanfona fechada	35 mm

4.2.9.5. Composição da estrutura e espessura da embalagem

Foram realizados testes de resistência mecânica da estrutura da embalagem para 10 amostras, segundo ASTM D-374-99 (1999), e os resultados são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Composição (do lado externo para o interno) da estrutura da embalagem flexível fornecida pela empresa *Hyewon Packmaster Int'l International INC.*

Material	Espessura (µm)
Filme de PET	12,0
Tinta de impressão	0,0
Adesivo de laminação	5,5
Folha de alumínio	9,0
Adesivo de laminação	5,5
Filme de nylon	15,0
Adesivo de laminação	4,5
Filme de polipropileno	70,0
TOTAL	121,5

4.2.9.6. Características mecânicas da embalagem

Foram realizados testes de resistência mecânica da estrutura da embalagem para 10 amostras, segundo normas ASTM D – 374-99 (1999), e os resultados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 – Características mecânicas da embalagem flexível fornecida pela empresa *Hyewon Packmaster Int'l International INC.*

Descrição	Força de aderência mínima (gf/15mm)
Força de aderência longitudinal PET x Al	450
Força de aderência transversal PET x Al	450
Força de Aderência longitudinal Al x PET	450
Força de Aderência transversal Al x PET	450
Força de Aderência longitudinal nylon x PP	600
Força de Aderência transversal nylon x PP	600
Força de aderência longitudinal PP x PP	7000
Força de aderência transversal PP x PP	7000

4.3. Parâmetros de processo de esterilização

Foram estabelecidos os parâmetros conforme as diretrizes de processo pelas Forças Armadas Norte Americanas, onde o patamar de F_0 é fixado com base na esterilização comercial de alimentos de pronto consumo contendo carnes.

Foi fixada a taxa de letalidade em F_0 , somatório de todas as destruições da microbiologia alvo, em 14, a 121,1°C, desprezando-se os acumulados de subida e decida da curva. Considerou-se apenas o patamar gerado na temperatura fixada. Os três processos receberam o mesmo tratamento como forma de equalizar o requisito.

Foram alocados 04 (quatro) termopares sendo que:

- Sensor 1 – água para monitorar o processo
- Sensor 2 – embalagem na posição central
- Sensor 3 – embalagem na posição fria da autoclave
- Sensor 4 – embalagem na posição intermediária

Ao serem atingidos os valores de letalidade, acompanhados através da curva de letalidade acumulada, procedeu-se o resfriamento da câmara interna da autoclave.

4.4. Fluxograma de composição de preparo de matéria prima e enchimento

Foi realizado o enchimento semi-automático em ambiente controlado com metodologia definida em Procedimento de Operação Padrão e consolidado em Manual de Boas Práticas de Fabricação com fechamento individual e manual (RICE, 1994).

Para o processo de enchimento e fechamento conhecido, caracterizou-se por utilizar a embalagem pré-formada com alimentação individual e seqüencial do equipamento, sem paradas.

A embalagem foi posicionada aberta abaixo da estação de envase, na enchedeira, normalmente destinada aos componentes líquidos, onde um funil foi introduzido até a linha abaixo da região de solda para evitar contaminação pelo produto. Na próxima estação e da mesma forma foi feita a dosagem do líquido.

A operação seguinte foi o alinhamento das arestas para realização do fechamento. A embalagem foi liberada sobre uma esteira que a removeu do interior da máquina.

Ocorreu a exaustão do ar por meio de ação mecânica do operador, fechamento por pedaleira, que funcionou na continuidade da linha, possível no processo de envase.

Os cortes de carne foram processados termicamente. Ao sair do equipamento de cocção (cozinhador), a matéria-prima passou por uma mesa de inspeção física. Os produtos foram adicionados de molho, de acordo com as respectivas formulações. O molho foi produzido em tanques de agitação e estocados em tanques pulmão até o momento da sua utilização. Tanto a mistura, quanto a matéria-prima enchidas separadamente do molho, passou por detectores de metais.

As embalagens foram fechadas para garantir a hermeticidade e passaram por uma esteira niveladora para que fossem garantidas a uniformidade das mesmas e a força da termossoldagem antes de seguirem ao processo térmico.

Após a operação de fechamento, realizou-se inspeção visual na integridade das embalagens quanto à termossoldagem, separação de componentes da embalagem e danificações em geral, em seguida colocadas nas bandejas de plástico, empilhadas sobre um carrinho de aço inoxidável e direcionados à autoclave.

O processo térmico foi realizado em autoclaves horizontais, tipo imersão em água, marca MPK Equipamentos Ltda, para dois carros de carregamento, com capacidade do sistema de água com 75 m³ (água, vapor e ar), conforme ANEXO 2 e submetidas às condições de tempo, temperatura e pressão definidas, para garantir a esterilidade comercial.

As embalagens passaram por corrente de ar dentro de secadores industriais, a fim de evitar manipulação de embalagens molhadas e acondicionadas em monoblocos de plástico e armazenadas na área de incubação por um período de 10 dias sob condições controladas de 35°C ± 2°C. As amostras foram conduzidas à área de embalagens e foram acondicionados em embalagens secundárias para descanso e estabilização.

Os insumos destinados à produção dos cardápios foram disponibilizados, manipulados e destinaram-se à produção dos cardápios de arroz branco e carne em cubos ao molho com legumes e batatas, conforme fluxogramas a seguir mostrados nas Figuras 4 e 5.

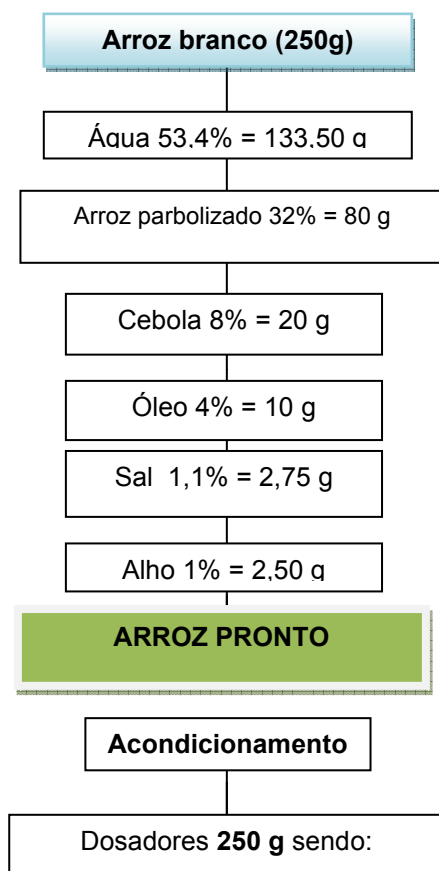


Figura.4 - Fluxograma de preparo do prato – Arroz branco.

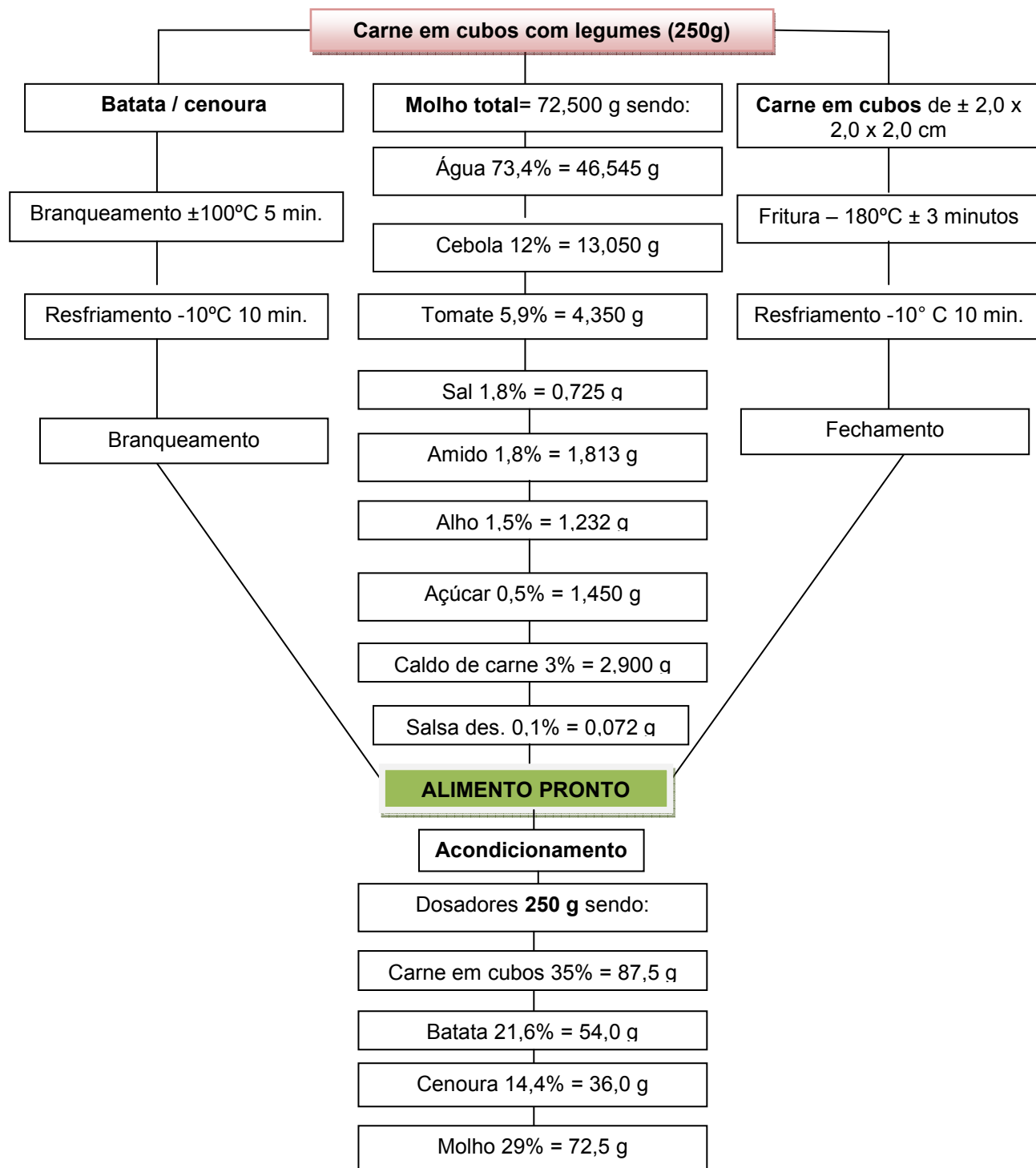


Figura 5 - Fluxograma de preparo do prato – carne bovina em cubos.

4.5. Preparo dos cardápios

O preparo dos cardápios caracterizou-se pela linha contínua e direta com a agregação dos insumos e sua devida transformação para a composição do processo térmico, conforme o fluxograma (Figura 6).

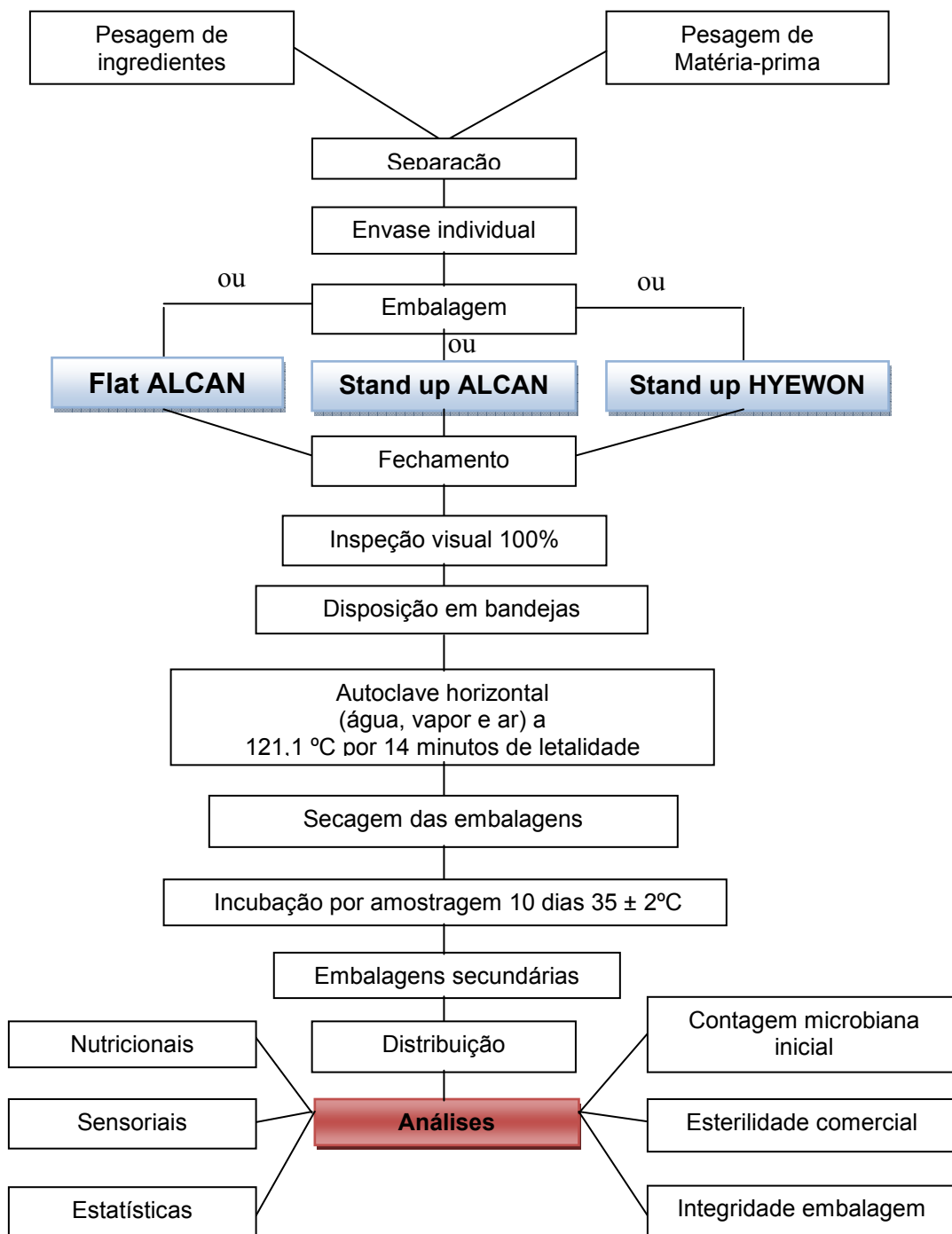


Figura 6 - Fluxograma geral dos cardápios

4.6. Análise de preparo dos produtos e enchimento

Após o preparo das matérias-primas e a devida identificação das embalagens, procedeu-se o enchimento, fechamento e processamento térmico dos produtos, conforme mostrado na Figura 7.

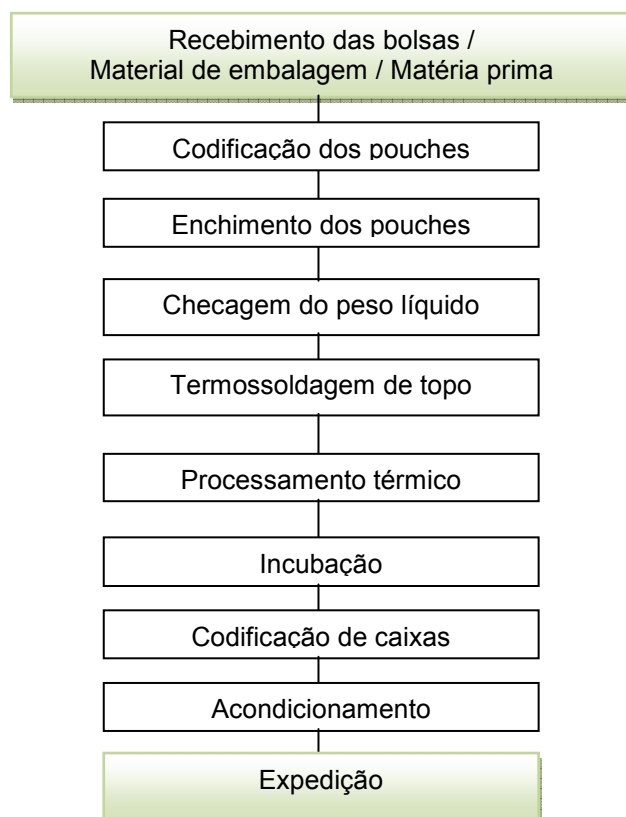


Figura 7 - Fluxograma de preparo, envase e processamento térmico.

4.7. Equipamentos de processamento, enchimento e fechamento

Durante o processo de pré-preparo, produção dos insumos, cocção, mistura e envase dos alimentos, foram empregados os seguintes equipamentos:

Descascador de Legumes, marca *Skymesen*, modelo DB-10, máquina utilizada para a descascar legumes e tubérculos, tais como, por exemplo, batatas, beterrabas e cenouras.

Processador de Alimentos, marca *Skymesen*, modelo Paie, processador de alimentos é uma máquina de bancada capaz de realizar diversos tipos de cortes, tais como: rodela, desfiados, cubos, palitos e outros. O equipamento

contém dois sensores de segurança e todos os outros componentes que incorporam a máquina são construídos com alumínio anodizado, recomendado para uso em contato com alimentos e aço inoxidável polido.

Enchedeira semi-automática, marca: Erli, modelo EL/500/97 n° 1223, máquina utilizada para o enchimento de caldos e meios pastosos produtos.

Fritadeira elétrica, marca Croydon, máquina utilizada nas frituras dos ingredientes como a carne em cubos para a fritura em imersão (selamento).

Tachos encamisados, marca Quiminox , caldeirões com 150 litros de capacidade, aquecidos por vapor, utilizados na preparação dos alimentos de imersão, como o arroz.

Balança de sobrepor, marca Toledo, modelo 2180, para capacidade de até 50 kg, afere e permite o fracionamento dos insumos nas dosagens estipuladas.

Seladora com injeção a gás, marca Selovac, modelo 2090, possui acionamento de solda automático; dois controles de injeção de gás, uma válvula reguladora e um temporizador eletrônico.

4.8. Equipamento de esterilização

A empresa Cellier Alimentos do Brasil Ltda, com sede em Campinas, no Estado de São Paulo cedeu as instalações e o equipamento utilizado foi a autoclave n° de série 32078-10834 da empresa; com visualização no (Anexo B, Figura 2), construída em aço inoxidável, horizontal, 2896 mm de comprimento e 901 mm de diâmetro, com capacidade para dois carros (Anexo B, Figura 3), temperatura para esterilização 121,1°C, temperatura inicial aproximadamente 30°C, compreendendo um sistema misto de dispersão de vapor e aspersion de água, possuindo a seguinte configuração: *spray* de água por difusores (aspersão); operação automatizada plena com mínimo de água (água estéril), emprego de vapor saturado seco (título = 100% ou 1), distribuição pentagonal de temperatura (sem pontos frios) e controle por *software* do tipo E-lab.

O vapor foi gerado por caldeiras movidas a diesel. Cada uma tendo saída de 500 kg/h. A pressão máxima nas caldeiras foi de 120 lb/in². O ar comprimido foi fornecido por dois compressores do tipo pistão, com uma escala da pressão operando entre 8 e 12 kgf/cm².

Utilizou-se água industrial, sendo reutilizada e reciclada pós-processo. A água foi bombeada a uma torre de resfriamento, onde a temperatura foi diminuída a 30 - 40°C. A água de refrigeração foi enviada a um tanque para ser reutilizada posteriormente.

4.9. Teste de esterilidade comercial

Para avaliação de anaeróbios termófilos; Clostrídios mesófilos (sub-processamento); Microbiota aeróbia mista (vazamento) ou bacilos mesófilos sub-processamento) e Termófilos aeróbios totais e “flat sour”, realizou-se o teste de esterilidade comercial, no produto acabado (carne com legumes e arroz), conforme descrito em SILVA (2001).

Materiais utilizados:

- 4 tubos com Caldo de Fígado;
- 4 tubos com Caldo Dextrose Púrpura de Bromocresol;
- Placas com Agar Fígado de Vitela;
- Placas com Agar Nutriente com Manganês;
- Agar selo (ou vaselina:parafina 1:1)
- Reagentes para coloração de GRAM;
- Solução de álcool 70%;
- Panos descartáveis esterilizados;
- Swabs;
- Tesouras, pinças, estiletes, espátulas esterilizados;
- Sistema de geração de anaerobiose;
- Estufa de incubação a 35°C;
- Estufa de incubação a 55°C.

Procedimento:

- Pré-incubou-se as amostras a 35°C / 10 dias;
- Higienizou-se e desinfetou-se as embalagens borrifando álcool 70% e removendo possíveis sujidades com a ajuda dos paninhos estéreis (repetiu-se esta operação 3 vezes);
- Efetuou-se dois swabs / embalagem (que serviu para controle da desinfecção);

- Abriu-se a embalagem de forma asséptica e procedeu-se imediatamente à distribuição das alíquotas da amostra:
- 2g ou 2 mL da amostra / tubo com Caldo de Fígado (realizou-se em 4 tubos);
- 2g ou 2 mL da amostra / tubo com Caldo Dextrose Púrpura de Bromocresol (realizou-se em 4 tubos);
- Colocou-se o Agar selo nos tubos com Caldo de Fígado;
- Dois tubos com o Caldo de Fígado (selados) e dois tubos com o Caldo Dextrose Púrpura de Bromocresol foram incubados a 55°C / 2-3 dias;
- Dois tubos com o Caldo de Fígado (selados) e dois tubos com o Caldo Dextrose Púrpura de Bromocresol foram incubados a 35°C / 2-5 dias;
- Efetuou-se a leitura.

4.10. Análises físico-químicas e nutricionais do produto final

Após cumprido o processo de incubação, as amostras foram analisadas segundo as seguintes análises: carboidratos; proteínas; gorduras totais; gorduras saturadas; gordura trans; fibra alimentar; sódio; valor energético; extrato seco total e umidade do produto (método de secagem até peso constante em estufa a 105°C); proteína total (método de Kjeldahl para nitrogênio total); teor de gordura pelo método de *Gerber* e gordura extrato seco (GES): (% gordura x / 100% de extrato seco total); análise de cinzas; pH através do método potenciométrico; acidez através de titulação com NaOH, expresso em % de ácido láctico. Conforme A.O.A.C. (1995).

O amido foi hidrolisado à quente, em meio fortemente ácido, produzindo glicose, sendo determinado pelo método Lane-Eynon, descrito em A.O.A.C. (1996).

4.11. Análise sensorial

Os testes foram realizados em campo com tropas deslocadas em condições de exercício regular de 12 horas. Tais situações foram definidas em caso de comprovada Ordem de Missão para aplicação razoável de amostragem. Equipes ou grupos de militares são consumidores das rações operacionais do

Comando da Aeronáutica, sendo que o último emprego, antes do término dessa pesquisa foi no resgate do voo 1907 da Gol na Serra do Cachimbo, Sul do Estado do Pará.

As amostras foram apresentadas em pratos descartáveis de plástico e cobertas com folha de alumínio em porções de 50 g de carne em cubos com batatas e legumes ao molho com 50 g de arroz branco. Entre cada amostra apresentada e o preenchimento das fichas, foi servido água e biscoito tipo água e sal.

Três amostras do cardápio aquecidas em banho-maria à temperatura média entre 65 e 68°C foram servidas aos provadores.

As amostras foram codificadas com três dígitos, escolhidos ao acaso, de forma a não influenciar os provadores. A ordem de apresentação das amostras foi equilibrada de forma que cada uma aparecesse em cada posição, igual número de vezes. As amostras foram servidas entre 10:00 h e 11:30 h ou 15:00 e 17:00 h, conforme a exigência do teste.

As análises foram dimensionadas para avaliar o grau de satisfação em localidades distintas. Os provadores avaliaram o quanto desgostaram ou gostaram de cada uma das amostras, quanto ao sabor e aparência, com escala hedônica estruturada em 9 pontos segundo STONE *et al.*, (1985).

As análises de testes de aceitação, critério de afetividade, contaram com a utilização de uma equipe diversificada de 140 homens adultos, com lotação em unidades na cidade de São Paulo – SP, na cidade de Manaus no Estado do Amazonas, na cidade do Rio de Janeiro e em Porto Alegre no Rio Grande do Sul, sendo que os mesmos receberam uma preparação sobre a finalidade e destino dos resultados, conforme localização e ilustração no mapa da Figura 8.



Figura 8 – Localização dos locais de realização dos testes de aceitação.

4.12. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi de blocos completos balanceados, em três repetições, utilizando a ficha de avaliação descritiva, e a lista de definições dos termos e os materiais de referência, (SIMPSON *et al.* 2005)

Os resultados foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) de duas fontes de variação (amostra e provador), teste de médias de *Tukey* e Análise de Componentes Principais (ACP).

V – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análises microbiológicas

Para todas as análises propostas, tanto para as matérias-primas como carne *in natura*, cenoura, batata e arroz polido cru e para os produtos processados, os resultados foram considerados satisfatórios, incluindo as análises de *Salmonella* sp. Os resultados encontram-se nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Tabela 8 – Análise microbiológica de Carne *in natura*.

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12
		5030 - Carne in natura – amostra 1	5040 - Carne in natura – amostra 2	5050 - Carne in natura – amostra 3	
CAMV* UFC/g	--	8,35 x 10 ³	7,48 x 10 ³	9,46 x 10 ³	5 ^a
CBL* UFC/g	--	5,1 x 10 ⁴	4,3 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁴	
C35°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
C45°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
CECP* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CBC* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CCSR* UFC/g	--	<10	<10	<10	
Salmonella sp	Ausência/25g	Ausente	Ausente	Ausente	
Situação		OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de *Estafilococos* coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de *Clostridio* sulfito redutor

Pelos resultados obtidos na Tabela 8, foi verificado que os índices de contagem são inferiores aos fixados para os alimentos de mesma natureza *in natura*.

Tabela 9 – Análise microbiológica da Cenoura *in natura*

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12
		5030 - Cenoura in natura – amostra 1	5040 - Cenoura in natura – amostra 2	5050 - Cenoura in natura – amostra 3	
CAMV* UFC/g	--	4,3 x 10 ⁴	4,7 x 10 ⁴	4,5 x 10 ⁴	3 ^a
CBL* UFC/g	--	4,0 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁵	3,8 x 10 ⁵	
C35°C* NMP/g	--	21	<03	9	
C45°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
CECP* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CBC* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CCSR* UFC/g	--	<10	<10	<10	
Salmonella sp	Ausência/ 25g	Ausente	Ausente	Ausente	
Situação		OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras ; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Quanto aos resultados obtidos na Tabela 9, foi identificado que a matéria-prima cenoura apresentou índices de contagem inferiores aos fixados para este tipo de alimento.

Tabela 10 – Análise microbiológica da Batata *in natura*

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12
		5030 - Batata in natura – amostra 1	5040 - Batata in natura – amostra 2	5050 - Batata in natura – amostra 3	
CAMV* UFC/g	--	3,08 x 10 ³	3,0 x 10 ³	3,5 x 10 ³	3 ^a
CBL* UFC/g	--	2,3 x 10 ³	2,1 x 10 ³	1,8 x 10 ³	
C35°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
C45°C* NMP/g	--	<03	21	<03	
CECP* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CBC* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CCSR* UFC/g	--	<10	<10	<10	
Salmonella sp	Ausência/ 25g	Ausente	Ausente	Ausente	
Situação		OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Os resultados obtidos na Tabela 10, permitem concluir que a matéria prima batata apresentou índices de contagem inferiores aos fixados para este tipo de alimento.

Tabela 11 – Análise microbiológica do Arroz *in natura*

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12	
		5030 - Arroz polido cru – amostra 1	5040 - Arroz polido cru – amostra 2	5050 - Arroz polido cru – amostra 3		
CAMV*	UFC/g	--	20	30	10	
CBL*	UFC/g	--	10 ²	1,1 x 10 ²	1,5 x 10 ²	
C35°C*	NMP/g	--	<03	<03	<03	
C45°C*	NMP/g	--	<03	<03	<03	
CECP*	UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	0
CBC*	UFC/g	--	10 ²	10 ²	20	
CCSR*	UFC/g	--	<10	<10	<10	
Salmonella sp	Ausência/ 25g		Ausente	Ausente	Ausente	
Situação			OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis ; CBL = Contagem de bolores e leveduras
 C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Na Tabela 11, para a totalidade das análises realizadas com o arroz *in natura*, os resultados foram considerados bem abaixo dos índices iniciais para essa categoria de insumos, principalmente por se tratar de cereais secos.

A análise de esterilidade comercial demonstrou a eficiência do processamento térmico em que os índices microbiológicos detectados foram aceitáveis e os resultados estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 – Análise microbiológica do Arroz cozido

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12
		5030 - Arroz pronto – amostra 1	5040 - Arroz pronto – amostra 2	5050 - Arroz pronto – amostra 3	
CAMV* UFC/g	--	<10	<10	<10	9 ^a
CBL* UFC/g	--	<10	<10	<10	
C35°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
C45°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
CECP* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CBC* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CCSR* UFC/g	--	<10	<10	<10	
<u>Salmonella sp*</u>	Com. estéril	Ausente	Ausente	Ausente	
Esterilidade Comercial		Com. Estéril	Com. Estéril	Com. Estéril	
Situação		OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras
 C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C ; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Tabela 13 – Análise microbiológica da carne com legumes cozida

Determinações analisadas	Aceitação	Lote			Grupo RDC 12
		5030 - Carne com legumes cozida – amostra 1	5040 - Carne com legumes cozida – amostra 2	5050 - Carne com legumes cozida – amostra 3	
CAMV* UFC/g	--	<10	<10	<10	9 ^a
CBL* UFC/g	--	<10	<10	<10	
C35°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
C45°C* NMP/g	--	<03	<03	<03	
CECP* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CBC* UFC/g	--	<10 ²	<10 ²	<10 ²	
CCSR* UFC/g	--	<10	<10	<10	
<u>Salmonella sp*</u>	Com. estéril	Ausente	Ausente	Ausente	
Esterilidade Comercial		Com. Estéril	Com. Estéril	Com. Estéril	
Situação		OK	OK	OK	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras
 C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

A análise de esterilidade comercial demonstrou a eficiência do processamento térmico em que os índices microbiológicos detectados foram aceitáveis de acordo com a Tabela 13.

De maneira geral a amostragem permitiu esboçar que o processo térmico foi efetivo e que estes resultados foram estimados, uma vez que se procurou trabalhar com matérias-primas de excelente qualidade microbiológica inicial e as operações de preparo e manuseio foram realizadas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação.

5.2. Testes de embalagem

Como meio de direcionar os trabalhos para as aplicações com as bolsas auto-sustentáveis, os testes de análise estrutural das embalagens foram realizados com as embalagens flexíveis do tipo *stand up* identificadas como estrutura 01 e estrutura 02, respectivamente, fornecidas pelas empresas ALCAN e Hyewon.

5.2.1. Análise Visual

Antes e após o processo de esterilização, as embalagens utilizadas foram avaliadas visualmente e os resultados são mostrados nas Tabelas 14, 15, 16, 17, 18 e 19.

Tabela 14 – Identificação dos principais defeitos encontrados na embalagem (estrutura 01) antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Após
Número de amostras		18	18
Aroma	Conforme	X	X
	Não Conforme		
Defeitos	Gerais	4	22
	Selagem	5	7

Tabela 15 – Classificação dos defeitos gerais encontrados na embalagem (estrutura 01) antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Após
Número de amostras		18	18
Tipos de Defeitos	Bolhas de ar	3	3
	Furos	0	2
	Trincas	0	10
	Amassamentos	0	6
	Riscos	0	0
	Olho de Peixe	1	1
Total de Defeitos		4	22

Tabela 16 – Classificação dos defeitos encontrados na área de selagem da embalagem (estrutura 01) antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Depois
Número de Amostras		18	18
Tipos de Defeitos	Bolhas	1	1
	Canais	3	3
	Fusão	1	1
	Amassamentos	0	2
Total de Defeitos		5	7

Tabela 17 – Identificação dos principais defeitos encontrados na embalagem (estrutura 02) antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Após
Número de amostras		18	18
Aroma	Conforme	X	X
	Não Conforme		
Defeitos	Gerais	0	5
	Selagem	0	2

Tabela 18 – Classificação dos defeitos gerais encontrados na embalagem (estrutura 02) antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Após
Número de amostras		18	18
Tipos de Defeitos	Bolhas de ar	0	0
	Furos	0	0
	Dobras	0	1
	Amassamentos	0	4
	Riscos	0	0
	Olho de Peixe	0	0
Total de Defeitos		0	5

Tabela 19 – Classificação dos defeitos encontrados na área de selagem da embalagem (estrutura 02) antes e após do processo de esterilização.

		Antes	Depois
Número de Amostras		18	18
Tipos de Defeitos	Bolhas	0	0
	Canais	0	0
	Fusão	0	0
	Amassamentos	0	2
Total de Defeitos		0	2

A avaliação visual das embalagens flexíveis de diferentes estruturas permitiu a identificação de pontos relacionados como a aparência e a formação da embalagem que podem influenciar no seu desempenho mecânico.

Alguns defeitos encontrados, como, por exemplo, olho de peixe, pode ser decorrente de um ajuste irregular do equipamento, fazendo com que um lote ou parte do mesmo seja produzido fora de especificação. Esse tipo de defeito ocorre de forma sistemática durante o processo de fabricação da embalagem. Outros defeitos ocorrem de modo aleatório.

Foram analisadas 18 embalagens, utilizando-se uma fonte de luz branca, sem o auxílio de ampliação, verificando as seguintes características: formato e dimensões; tipo de material; odores estranhos e presença na superfície do material de: bolhas de ar (inclusão gasosa na massa do plástico), furos e cortes, amassamento, fraturas (ruptura parcial da superfície do material), distribuição da espessura, rebarbas (excesso de material, projetando-se para

forma da borda), sujidades (pó e substâncias estranhas que não podem ser removidos somente com o emprego de ar), riscos (dobras finas como se a superfície da embalagem estivesse riscada), inclusões (inclusões de partículas metálicas ou não metálicas na massa plástica, pontos pretos, separação das camadas da estrutura do material (no caso de um laminado), olho de peixe (massa globular pequena que não se misturou completamente ao material do filme e é particularmente evidente em um material transparente e translúcido). Observou-se, ainda, danos na área das soldas, resistência inadequada e fusão das camadas internas fora da região da termossoldagem.

Comparando as embalagens testadas através dos dados das Tabelas de 13 a 18, a embalagem de estrutura 01 apresentou 29 tipos de defeitos sendo: 07 defeitos críticos, 14 defeitos graves e 08 defeitos toleráveis. Por sua vez, a embalagem de estrutura 02 apresentou 07 tipos de defeitos sendo 1 deles considerado grave e os demais classificados como defeitos toleráveis.

Observa-se, também, que a embalagem de estrutura 01, após o processo de esterilização, apresentou um maior número de defeitos decorrentes do *stress* físico provocado pelo aquecimento a que foi submetida se comparada à embalagem de estrutura 02. Tal fato pode ser explicado pela presença da camada de poliamida (nylon) da estrutura 02 que apresenta alta resistência mecânica, principalmente à perfuração, e boa estabilidade térmica, conforme discutido por ORTIZ (1986).

Com isso, verificou-se que a embalagem composta pela estrutura 01 de fabricação nacional (PET/Al/PET/PP), apresenta um número de defeitos quatro vezes maior do que a embalagem composta pela estrutura 02 importada (PET/Al/nylon/PP).

Apesar dos defeitos encontrados, eles não comprometeram a hermeticidade das embalagens, bem como a estabilidade dos produtos acondicionados.

5.2.2. Avaliação Dimensional

A Tabela 20 mostra os resultados das avaliações das características dimensionais de 18 amostras das estruturas 01 e 02.

Tabela 20 – Resultados da avaliação dimensional das estruturas 01 e 02.

Dimensões	Estrutura 1	Estrutura 2
Altura (mm)	229 ± 31	230 ± 0
Largura (mm)	150 ± 1,4	150 ± 2,5

Conforme mostrado na Tabela 20, observa-se que a embalagem da estrutura 1 apresentou um desvio padrão maior ($S= 31,14$) e, conseqüentemente, um coeficiente de variação maior ($CV = 13,60\%$) para altura.

A estrutura 2 não apresentou nenhum desvio nas 18 amostras analisadas.

Em relação à largura da embalagem, observou-se o inverso, ou seja, a estrutura 2 apresentou um desvio padrão maior ($S = 2,52$) e, conseqüentemente, um coeficiente de variação maior ($CV = 1,68\%$) se comparado com a estrutura 1 que teve um desvio padrão de 1,38 e um coeficiente de variação de 0,92 %.

Esses resultados mostram que não existe diferença muito significativa entre as duas estruturas.

5.2.3. Espessura

A Tabela 21 mostra os resultados das avaliações de 18 amostras de embalagens das estruturas 1 e 2 e em função da não variação de espessura das camadas da estrutura 1 e 2, realizou-se apenas a avaliação das estruturas antes do processo de esterilização.

Tabela 21 – Resultados da avaliação de espessura de 18 amostras das estruturas 1 e 2.

	Estrutura 1	Estrutura 2
Espessura (μm)	154 ± 57	126 ± 64

Através da Tabela 21 observou-se que existe variação significativa entre as duas estruturas, sendo que a estrutura 1 mostrou desvio padrão de $S=57$ e um coeficiente de variação de 37% contra um desvio de $S=64$ e um coeficiente

de 51% da estrutura 2, ou seja, existe uma maior uniformidade em relação a espessura nas embalagens da estrutura 1 nacional.

Embora as amostras da estrutura 2 apresentem coeficiente de variação maior, na prática elas apresentam melhor desempenho nas etapas de manipulação, processamento térmico e transporte. Isso é possível devido à presença da camada de *nylon* que confere a ela menor espessura e maior flexibilidade, se comparado à estrutura 01.

As especificações nominais de espessura informadas pelo fornecedor (estrutura 1= $150 \pm 10 \mu m$) e (estrutura 2= $122 \pm 10 \mu m$), estão semelhantes com os resultados obtidos nas amostras analisadas.

5.2.4. Gramatura

A Tabela 22 mostra os resultados das avaliações de 18 amostras de embalagens das estruturas 1 e 2 e em função da não variação de gramatura das camadas da estrutura 1 e 2, realizou-se apenas a avaliação das estruturas antes do processo de esterilização.

Tabela 22 – Resultados da avaliação de gramatura de 18 amostras das estruturas 1 e 2.

	Estrutura 1	Estrutura 2
Gramatura (g/m^2)	165 ± 7	129 ± 22

A determinação da gramatura é também utilizada quando é necessário o conhecimento da massa de um material, em uma estrutura composta ou simples.

Nos resultados mostrados na Tabela 21, observa-se pela média, diferença entre a gramatura da estrutura 1 ($164,66 g/m^2$) e da estrutura 2 ($128,80 g/m^2$). Como a gramatura é diretamente proporcional à espessura e a densidade dos polímeros componentes de laminados flexíveis, a diferença entre a estrutura 1 e 2 foi devido à composição, ou seja, a estrutura 1 possui filme de PET ($\rho = 1,42 g/cm^3$) e a estrutura 2 possui filme de *nylon* ($\rho = 1,14 g/cm^3$) de acordo com especificações fornecidas pelas empresas.

Embora a estrutura 2 apresentar gramatura menor, ela gerou maior desvio padrão e, conseqüentemente, maior coeficiente de variação quando comparado a estrutura 1, mostrando que nas etapas de laminação do material, houve maior uniformidade quando comparada com a embalagem 2, importada.

5.2.5. Resistência à tração

Os resultados descritos nas Tabelas 23 e 24 são referentes às avaliações de 18 amostras antes e após o processo de esterilização, isso para identificar possíveis separações dos componentes das estruturas, na região da termossoldagem, ocorridas em função do aquecimento das embalagens.

Tabela 23 – Avaliação da resistência à tração (kgf/in²) da termossoldagem de 18 amostras da estrutura 01 antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Depois
Número de Amostras		18	18
Selagem	Lado esquerdo	12,4 ± 1,0	9,5 ± 9,1
	Lado direito	12,4 ± 1,0	10,1 ± 6,7
	Fundo	12,6 ± 1,6	9,8 ± 7,8
	Topo	12,4 ± 1,4	9,1 ± 6,6

Tabela 24 – Avaliação da resistência à tração (kgf/in²) da termossoldagem de 18 amostras da estrutura 02 antes e após o processo de esterilização.

		Antes	Depois
Número de Amostras		18	18
Selagem	Lado esquerdo	11,1 ± 5,3	9,3 ± 0,5
	Lado direito	11,0 ± 4,8	9,2 ± 1,6
	Fundo	11,1 ± 3,4	9,4 ± 1,5
	Topo	10,1 ± 0	9,3 ± 0,3

Os resultados da Tabela 23 mostram, segundo os valores do coeficiente de variação, que existe uma variação da estrutura 1, em todas as termossoldagens do material (direita, esquerda, fundo e topo) nas amostras submetidas ao processo térmico, sendo que os valores de resistência à tração são reduzidos a aproximadamente 50%.

Analisando a Tabela 24, os resultados para a estrutura 2 são o inverso, ou seja, forneceu maior coeficiente de variação antes do processo de esterilização, com resultados mais homogêneos em toda a extensão da área de termossoldagem.

Em ambas as estruturas observou-se diferença significativa de, no mínimo, 5% entre todas as termoselagens (lateral direita e esquerda, fundo e topo), porém, todos os valores obtidos para todas as amostras analisadas, encontram-se acima do recomendado internacionalmente para esse sistema de embalagem 2,1 a 3,5 kgf/in² (CANADÁ, 2002)

Na comparação das estruturas 1 e 2, submetidas ao tratamento térmico observa-se melhor desempenho da estrutura 2 devido a melhor homogeneidade dos valores de resistência à tração ao longo da termossoldagem. O desvio de 0,99 da estrutura 2 contra 7,6 da estrutura 1 demonstram uma diferença entre as amostras analisadas onde a camada interna da estrutura 1, provavelmente apresenta maior ponto de fusão, requerendo maior temperatura de termossoldagem para se obter a mesma performance da estrutura 2.

A ligeira diferença em ponto de fusão pode estar associada à hipótese da estrutura 01 apresentar a camada interna do polipropileno com maior porcentagem de cristalinidade. É sabido que a fase cristalina de um polímero tem maior ponto de fusão que a fase amorfa e, portanto, quanto maior a cristalinidade do material, maior o seu ponto de fusão. Embora a estrutura 2 tenha apresentado melhor desempenho, o intervalo de variação dos valores individuais de resistência da termossoldagem à tração, para quaisquer das amostras não compromete o desempenho da embalagem (KOPETZ, 1979)

5.2.6. Permeabilidade ao vapor de água

Os resultados descritos nas Tabelas 25 e 26 mostram os valores de permeabilidade ao vapor de água das estruturas 1 e 2 analisadas antes e após o processo de tratamento térmico.

Para a realização dessa análise, visando obter maiores parâmetros de comparação no processamento térmico, fixou-se a temperatura em 121°C, e variou-se os tempos de tratamento em 10, 37 e 60 minutos.

Tabela 25 – Permeabilidade ao vapor de água da estrutura 1 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10, 37 e 60 min à 121°C (g/m². dia) a . 37,8°C a 100%UR.

Tratamento Térmico	Fase	Antes	Após
10 minutos/121°C	Teste 1	0,10	0,226
	Teste 2	0,10	0,386
37 minutos/121°C	Teste 1	0,10	0,312
	Teste 2	0,104	0,388
60 minutos/121°C	Teste 1	0,104	0,570
	Teste 2	0,10	0,708

Tabela 26 – Permeabilidade ao vapor de água da estrutura 2 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10, 37 e 60 min à 121°C (g/m². dia) a . 37,8°C a 100%UR.

Tratamento Térmico	Fase	Antes	Após
10 minutos/121°C	Teste 1	0,104	0,308
	Teste 2	0,10	0,230
37 minutos/121°C	Teste 1	0,10	0,300
	Teste 2	0,104	0,532
60 minutos/121°C	Teste 1	0,10	0,466
	Teste 2	0,104	0,704

Nos resultados mostrados na Tabela 25, observa-se um aumento significativo de permeabilidade ao vapor de água para as amostras da estrutura 1 quando comparadas antes e após o tratamento térmico.

Conforme os dados da Tabela 25 pode-se observar que à medida que o tempo de esterilização aumenta a permeabilidade do material ao vapor de água também aumenta. Tal fato pode ser explicado pela deformação das camadas do laminado durante o aquecimento, provocando formação de poros, conseqüentemente, aumento da permeabilidade.

As amostras da estrutura 2 foram submetidas às mesmas condições e os resultados encontram-se descritos na Tabela 26. Houve um aumento de

permeabilidade ao vapor de água, quando comparadas antes e após o processo de esterilização. Os valores são muito próximos daqueles obtidos para a estrutura 01. Com os resultados obtidos após o tratamento térmico, observa-se um aumento gradual de permeabilidade, com o aumento nos tempos de tratamento térmico.

Na variação de tempo de 10 para 60 minutos de tratamento térmico, a taxa de permeabilidade ao vapor de água também aumentou.

Quando se compara as estruturas 01 e 02, não foi observado diferenças significativas nos resultados obtidos nos tempos de tratamento térmico realizados que possam comprometer a integridade do produto durante a sua validade.

Um material de embalagem pode ser considerado de alta barreira ao vapor de água, quando apresentar uma taxa de permeabilidade menor que 8g/m^2 .dia e de altíssima barreira quando menor que $0,8\text{g/m}^2$.dia (ORTIZ,1986).

Apesar das diferenças de permeabilidade antes e após o processamento térmico dos laminados flexíveis 1 e 2, os valores encontrados ainda são considerados como de altíssima barreira ao vapor de água, mesmo na condição mais extrema de processo.

5.2.7. Permeabilidade ao Oxigênio

Os resultados descritos nas Tabela 20 e 21 mostram os valores de permeabilidade ao oxigênio das estruturas 1 e 2 analisadas antes e após o processo de tratamento térmico.

Para a realização dessa análise, visando obter maiores parâmetros de comparação no processamento térmico, fixou-se a temperatura em 121°C , e os tempos de tratamento em 10, 37 e 60 minutos.

Tabela 27 – Permeabilidade ao oxigênio da estrutura 01 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10, 37 e 60 min à 121°C ($\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$) a 23°C a 0%UR.

Tratamento Térmico	Fase	Antes	Após
10 minutos/121°C	Teste 1	0,134	0,312
	Teste 2	0,132	0,242
37 minutos/121°C	Teste 1	0,132	0,310
	Teste 2	0,130	0,222
60 minutos/121°C	Teste 1	0,130	0,358
	Teste 2	0,132	0,348

Tabela 28 – Permeabilidade ao oxigênio da estrutura 2 antes e após o processo de tratamento térmico nos tempos de 10, 37 e 60 min à 121°C ($\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$) a 23°C a 0%UR.

Tratamento Térmico	Fase	Antes	Após
10 minutos/121°C	Teste 1	0,148	0,282
	Teste 2	0,148	0,250
37 minutos/121°C	Teste 1	0,152	0,338
	Teste 2	0,154	0,302
60 minutos/121°C	Teste 1	0,154	0,320
	Teste 2	0,154	0,386

Nos resultados mostrados na Tabela 27, observou-se um aumento significativo da permeabilidade ao oxigênio para as amostras da estrutura 1 quando comparadas antes e após o processo de esterilização.

Nas amostras processadas durante 10 e 37 minutos, não foi observada grande variação entre elas, porém, quando comparadas com as amostras processadas durante 60 minutos, observou-se um aumento de 15% nos valores de a permeabilidade ao oxigênio. Esses resultados podem ser explicados pelos tempos de exposição das estruturas na temperatura de 121°C, que podem ter causado deformação das camadas do laminado, com formação de poros, conseqüentemente aumentando a permeabilidade ao oxigênio.

As amostras da estrutura 2 foram submetidas às mesmas e os resultados encontram-se descritos na Tabela 22. Houve um aumento de permeabilidade ao oxigênio, quando comparadas antes e após o processo de esterilização. Os valores são muito próximos daqueles obtidos para a estrutura 1.

Pelos resultados obtidos após o tratamento térmico, observou-se um aumento gradual da permeabilidade conforme se aumentou o tempo de esterilização. A permeabilidade aumentou em 20 % com a mudança do tempo de tratamento térmico foi alterado de 10 para 37 min., devido ao fato da exposição prolongada favorecer a deformação das camadas, principalmente as de plásticos.

Ao se comparar as estruturas 01 e 02, não se observou diferenças significativas que possam comprometer a integridade do produto durante a sua validade.

Um material que apresente uma taxa de permeabilidade ao oxigênio menor que $15 \text{ cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ é considerado de alta barreira e menor que $8 \text{ cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ é considerado de altíssima barreira (ORTIZ, 1986).

5.3. Análises da composição nutricional do produto final

As análises tiveram por base as necessidades nutricionais diárias para a refeição principal de um homem adulto, em exercício moderado, na faixa etária de 18 a 40 anos e em condições moderadas de temperatura e umidade. O Valor Calórico Total (VCT) considera as refeições de amostra como parte integrante do conjunto de ração operacional constituído por outros componentes alimentícios que, quando conjugados, perfazem a necessidade total para o combatente.

Os padrões de cardápio ofertados foram retirados da rotina diária de Unidades Militares e constou também de conjuntos destinados aos desdobramentos em países como os Estados Unidos da América em seus exercícios e simuladores de capacitação em combate (DORIOT, 1994).

A composição nutricional dos cardápios foi determinada conforme a metodologia proposta, sendo que os resultados são mostrados nas Tabelas 29 e 30.

Tabela 29 – Composição nutricional da amostra 1 – Carne em cubos com legumes
–250 g, identificada como 480314

	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor energético	346 kcal = 1453 kJ	17 %
Carboidratos	15 g	5 %
Proteínas	20g	27%
Gorduras totais	23 g	42 %
Gorduras saturadas	9,5 g	43 %
Gorduras trans	-	-
Fibra alimentar	2,1g	8%
Sódio	981mg	41%

*Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Tabela 30 – Composição nutricional da amostra 1 – Arroz pronto – 250 g,
identificada como 480324

	Quantidade por	% VD (*)
Valor energético	380 kcal = 1596 kJ	19 %
Carboidratos	60 g	20 %
Proteínas	5 g	7%
Gorduras totais	10 g	18 %
Gorduras saturadas	1,5 g	7 %
Gorduras trans	-	-
Fibra alimentar	< 0,5	-
Sódio	1232,5 mg	51%

*Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

5.4. Análise sensorial e estatística do produto final

Para a realização das análises sensoriais, identificou-se as amostras de embalagens com os seguintes códigos:

- 5030 – Embalagem flexível, tipo stand up – *Hyewon*
- 5040 – Embalagem flexível, tipo stand up – ALCAN
- 5050 – Embalagem flexível, tipo flita – ALCAN

As fichas de avaliação utilizadas (vide anexo E), foram compostas por testes de afetividade em escala ideal com variação de -3 a +3 e aferidos através de análise de variância ANOVA e tratados através do teste de média TUKEY, com análise de componentes principais (ACP), como descrito a seguir.

5.4.1. Textura da carne

Médias de tratamento	
1	0.26429 a
2	0.02857 a
3	0.28571 a
DMS = 0.27466; MG = 0.19286; CV% = 507.63514	

Observações:

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Temos a indicação com a letra “a” que indica a não significância da variância das amostras, (SILVA *et al*, 2002).

5.4.2. Textura dos legumes

Médias de tratamento	
1	00.0428 a
2	00.1000 a
3	00.0642 a
DMS = 0.30744; MG = 0.0690; CV% = -1587.0840	

Observações:

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Temos a indicação com a letra “a” que indica a não significância da variância das amostras. Quando o F fica muito próximo, mas não atinge a significância poderá haver

diferença significativa entre a maior e a menor média. Também poderá não haver diferença significativa entre médias quando o F é significativo, porém muito próximo da não significância. Isso é limitação da aplicação conjunta dos testes F e de Tukey, (SILVA *et al*, 2002).

5.4.3. Textura do arroz

Médias de tratamento	
1	0.13571 a
2	0.08571 a
3	00.1357 a
DMS = 0.36551; MG = 0.02857; CV% = 4559.94578	

Observações:

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Temos a indicação com a letra “a” que indica a não significância da variância das amostras. Quando o F fica muito próximo, mas não atinge a significância poderá haver diferença significativa entre a maior e a menor média. Também poderá não haver diferença significativa entre médias quando o F é significativo, porém muito próximo da não significância. Isso é limitação da aplicação conjunta dos testes F e de Tukey, (SILVA *et al*,2002).

5.4.4. Dosagem de sal

Médias de tratamento	
1	0.14286 a
2	0.17143 a
3	0.28571 a
DMS = 0.28740; MG = 0.20000; CV% = 512.20125	

Observações:

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Temos a indicação com a letra “a” que indica a não significância da variância das amostras. Quando o F fica muito próximo, mas não atinge a significância poderá haver diferença significativa entre a maior e a menor média. Também poderá não haver

diferença significativa entre médias quando o F é significativo, porém muito próximo da não significância. Isso é limitação da aplicação conjunta dos testes F e de Tukey, (SILVA *et al*, 2002).

Quanto à quantificação, dentro do plano de avaliação sensorial, além dos atributos de escala de ideais outros atributos foram dimensionados em escala hedônica de 1 a 10, onde foram quantificados em faixas de concentração dos resultados segundo as Figuras de 9 a 16.

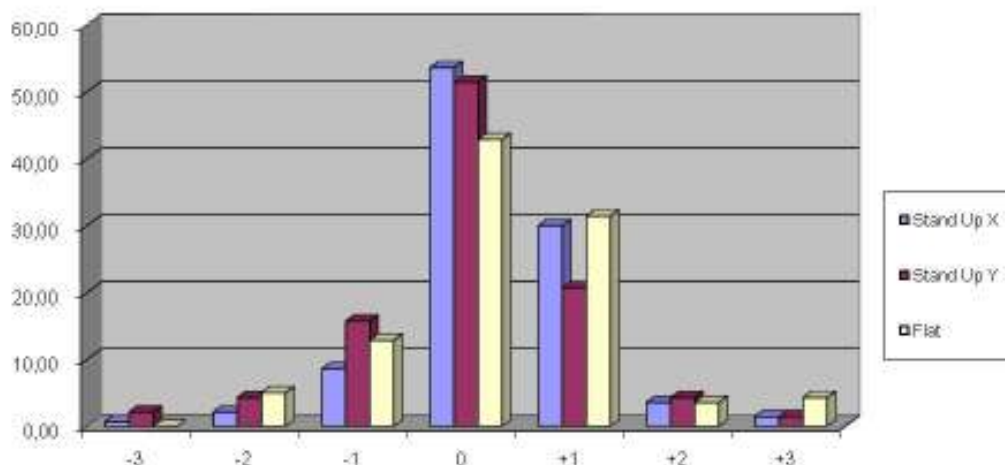


Figura 9 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura da carne

Legumes

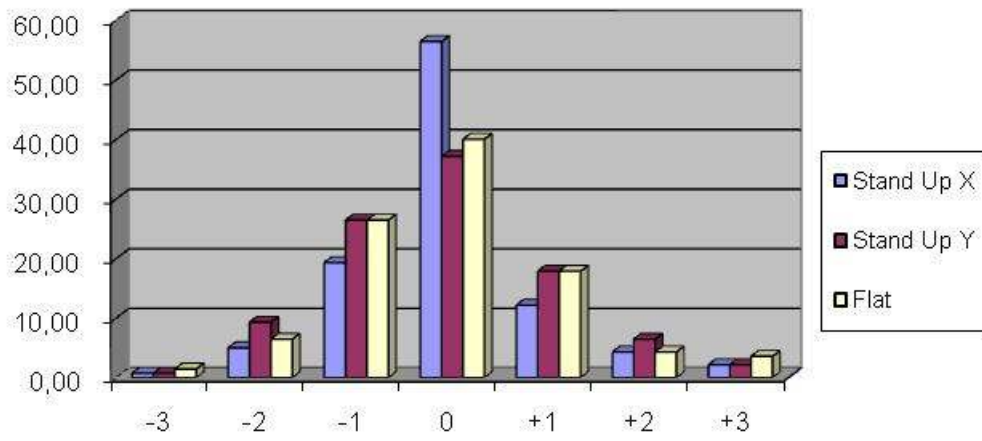


Figura 10 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura dos legumes

Arroz

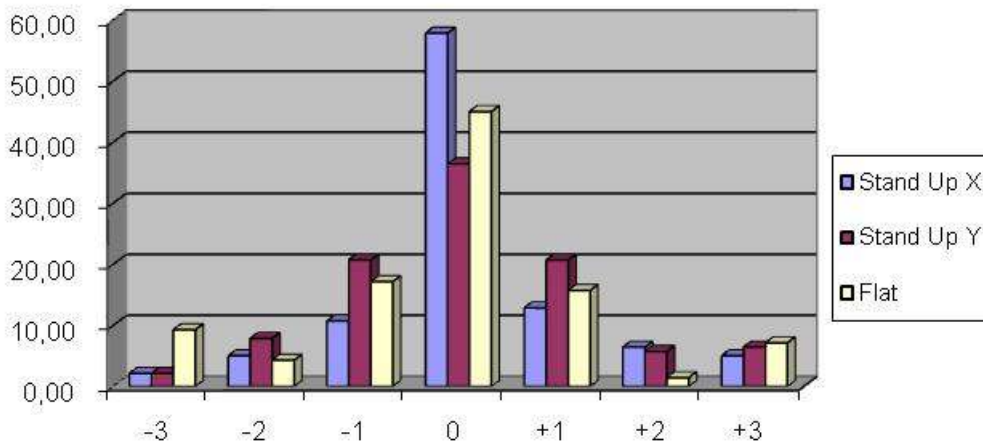


Figura 11 – Gráfico quantitativo de avaliação da textura do arroz

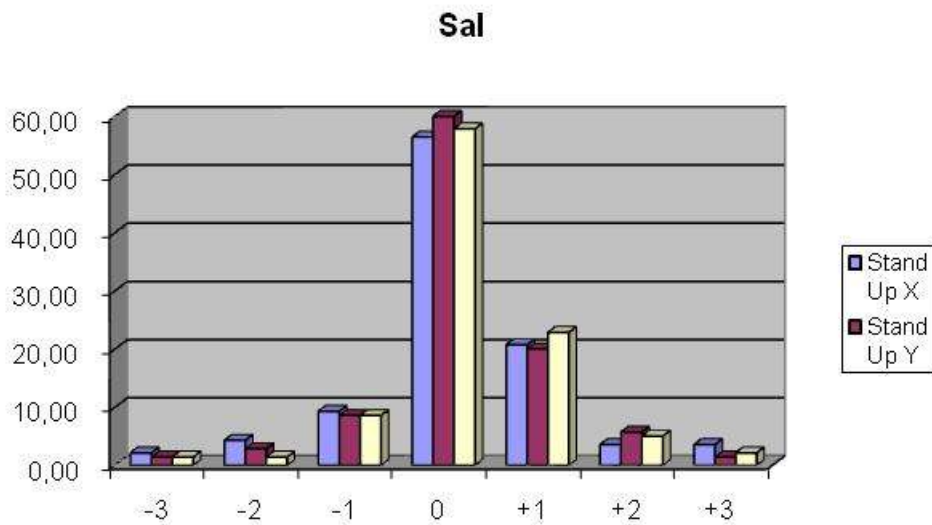


Figura 12 – Gráfico quantitativo da avaliação da quantidade de sal

As representações gráficas demonstram que a avaliação dos provedores quanto a textura da carne, legumes, arroz e quantidade de sal concentrou-se próximo a 0, ou seja, o equilíbrio ideal para os usuários.

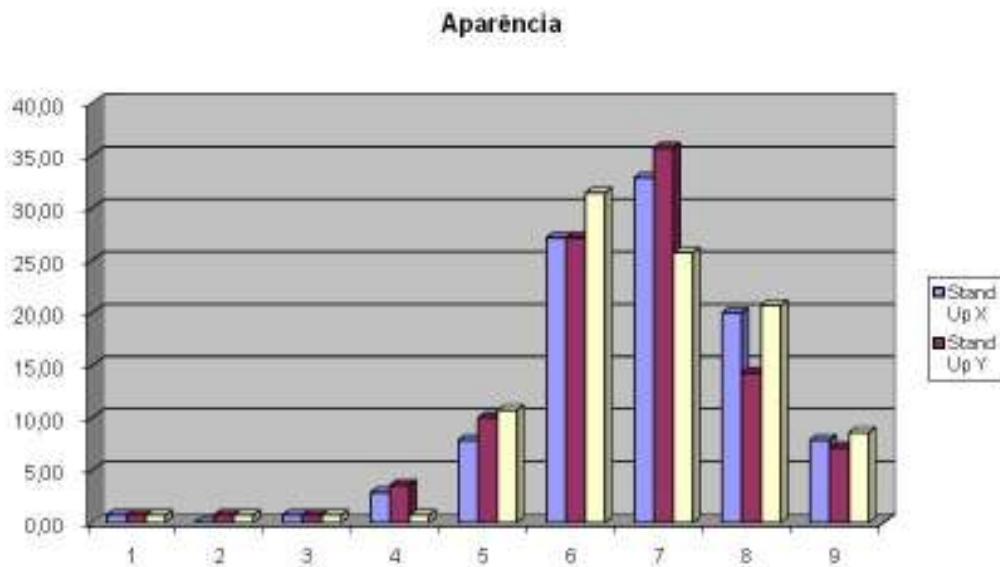


Figura 13 – Gráfico quantitativo da avaliação da aparência.

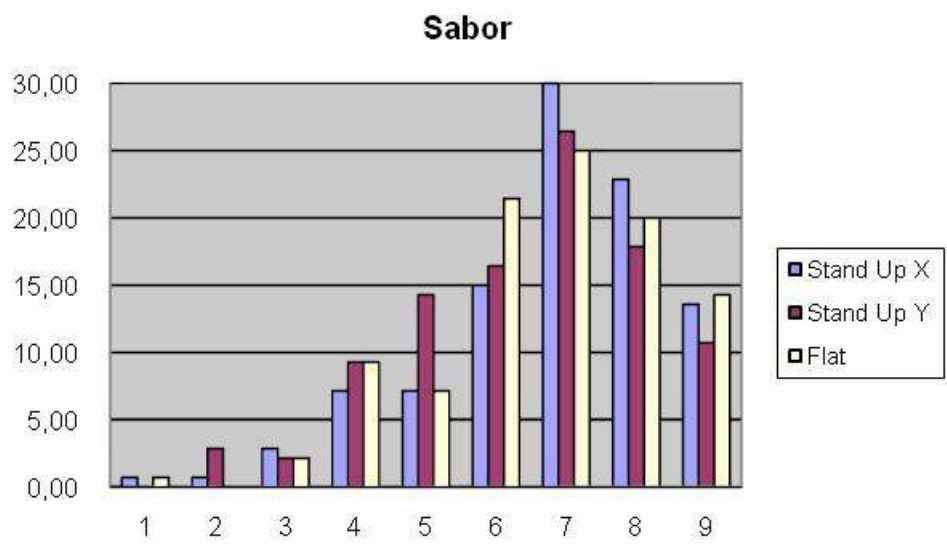


Figura 14 – Gráfico quantitativo da avaliação do sabor

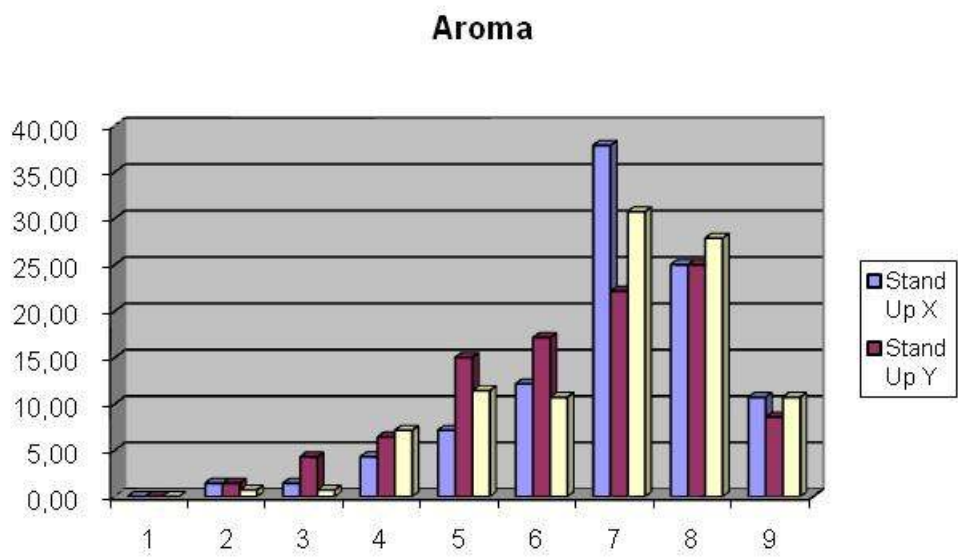


Figura 15 – Gráfico quantitativo da avaliação do aroma

Impressão Global

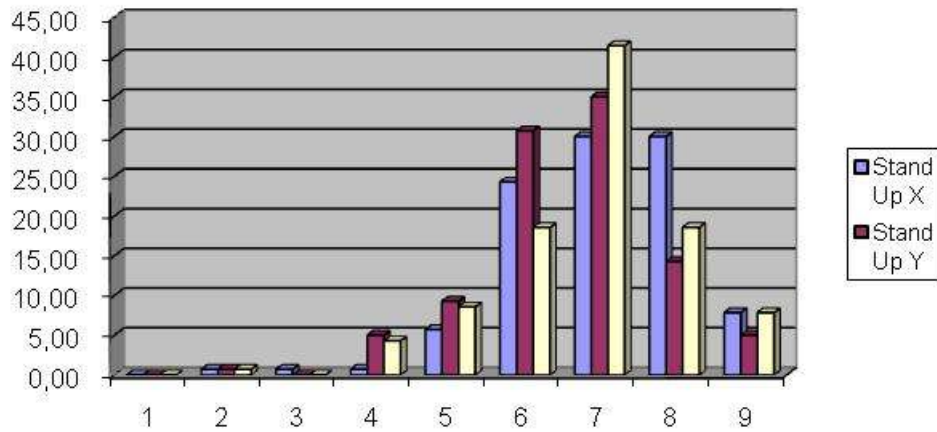


Figura 16 – Gráfico quantitativo da avaliação de impressão global

As representações gráficas demonstram que a avaliação dos provadores quanto a aparência, sabor, aroma e impressão global concentrou-se sempre entre acima de 60%, com media de 6 a 8, ou seja, o equilíbrio ideal para os usuários militares das Forças Armadas.

VI – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram as seguintes conclusões.

As análises dimensionais das embalagens realizadas comprovaram que tanto o material nacional quanto o importado podem ser empregados como embalagem flexível esterilizável.

Os defeitos identificados não foram significativos para eventuais riscos em relação ao processo de esterilização, pois foram considerados de caráter estético, não comprometendo o processo de tratamento térmico. Ambas as embalagens apresentaram comportamento similar e aceitável para emprego de aplicação nas Rações Operacionais das Forças Armadas.

O processo térmico definido com parâmetro de F_0 para 14 minutos, demonstrou-se efetivo quando foram comparadas as cargas microbianas inicial e final da matéria prima. A definição ainda serve de premissa para a melhoria da aceitação do cardápio, tendo em vista a melhoria global dos testes de aceitação e de ideal.

Quanto aos aspectos sensoriais, a análise de variância, pelo teste de Tukey, demonstrou que a diferença entre as médias, ou seja, sem significância efetiva, foi pequena e sem a importância necessária. Não houve alteração significativa ($p < 0,05$).

Sensorialmente, as refeições caracterizadas como Rações Operacionais apresentaram-se bem aceitas em relação a aparência, sabor, aroma e impressão global. Destaque-se a aceitação para textura do arroz, carne bovina, legumes e dosagem de sal.

Foi realizada uma análise nutricional da amostra e seus resultados demonstraram que o cardápio atende o valor calórico total preconizado para o militar ou para o consumidor civil em determinado período de exercício, atividade física ou desdobramento, seja de doze ou de vinte e quatro horas.

O conjunto a ser formado com a refeição produzida da presente pesquisa representa o início da otimização real de todo um conceito, destinada a dotar as tropas e as equipagens das aeronaves da Força Aérea Brasileira de

qualidade real, garantia de segurança e melhoria no móvel, podendo ainda ser utilizada no mercado e estar disponível para os consumidores de maneira a atender situações de acampamento, excursões e outras atividades semelhantes.

Assim, os produtos testados, além de comprovadamente aceitos, representam os novos parâmetros das aquisições de Rações Operacionais das Forças Armadas a partir da concretização deste trabalho. Enfim, uma demonstração efetiva da teoria aplicada à prática com alcance significativo de resultados importantes ao desenvolvimento das atividades militares em âmbito nacional para a realização de um ideal.

Importante esclarecer que os resultados da pesquisa servirão de parâmetros para que o Brasil possa de maneira oficial, exportar refeições para outros países, incluindo, certamente o setor civil e militar.

No futuro, será possível, a partir desses resultados, estudar com maior profundidade diferentes cardápios regionais de maneira a atender aos hábitos dos militares e da população brasileira. Para isso, será necessário avaliar as condições ótimas de esterilização para cada composição de cardápio, bem como estruturas de materiais flexíveis esterilizáveis.

VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÔNIMO, Bulletin of Defence Research & Development Organisation, **Technology Focus**, vol.12, n.1, feb. 2004.
- ANÔNIMO, Mechanics Of Tension And Manual Tension Control; **Paper, film, & foil converter — PFFC**, dez 2004. Disponível em: www.pffconline.com ; Acesso em 16 out 2005.
- ANÔNIMO, Packaging Technologies & Inspection – PTI; **Inspection Technologies Pti's An Inspection Division Develops**; Disponível em www.ptiusa.com. Acesso em 05 out 2005.
- A.O.A.C. INTERNATIONAL; **Official Methods of Analysis of Association of** Association Official Analytical Chemists, 16^a ed. Virginia, 1995.
- ARNDT, G. W., Jr, Examination of Containers for Integrity, In: United States. Food and Drugs Administration, Bacteriological Analytical Manual, 8^a ed (revisão A). jan 2001. Cap. 22C. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-22c.html>. Acesso em 05 out 2005.
- AZANZA, M. P. V.; Canned rice products as Philippine military food ration – **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 3, p.235-240, mai de 2003.
- BALLOU, R. H.; **Business Logistics Management**, 4^a ed., p. 66-70; 135-164. Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- BEVERLY, R. G.; STRASSER, J. AND WRIGHT, B. **Critical Factors in Filling and Sterilizing of Institutional Pouchs**. Food tech., sep, p. 44 – 50, 1980
- BENZI, L.; Details Bring the Big Picture in Pouches to Life – 10 jun. 2004. **Sawgrass Marriott Resort & Beach Club**. Ponte Vedra Beach, Flórida,US. Disponível em: <http://www.packstar.com>. Acesso em 18 out. 2005.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O.; **Química de Processamento de Alimentos**, 3 Edição, Ed. Varela, São Paulo, p.135-141, 2001.
- BRASIL. Estado Maior das Forças Armadas; Portaria n°1156/SC-5, **Ração Operacional de Sobrevivência**. 26 abr 1988.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Normas de Subsistência do Comando da Aeronáutica**; NSCA 145-1, Fev 1981.
- BRODY, A.L., The Return of the Retourt Pouch, **Food Technology**, vol.57, n°2, p.76-79, feb. 2003.

- BRODY, A. L., An Astronautical Food Odyssey, **Food Technology**, , vol.58, nº 3, p.64-66, mar, 2004.
- CANADÁ. Flexible Retort Pouch Defects – Identification and Classification
CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY, chapter 2, 31 May 2002.
- CASTRO, A. G., POUZADA A. S.; **Embalagens Para a Indústria Alimentar** – Instituto Piaget; p. 17-26 Lisboa, 2002.
- COLLINS, D. L., JACKSON, T. C., Thermotolerant Microorganisms and Heat Resistance Measurements, **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4ª ed. Cap. 14, p.167-174 - American Public Health Association (APHA). 1992
- COSTA, G. **Técnicas de Esterilização e Desinfecção**. Disponível em: <http://www.uma.pt/gcosta/docs/microbiology/prat1.pdf>. Acesso em 02/08/2007.
- CRISTIANINI, M.; **Estudo da Distribuição de Temperaturas Durante o Processo de Esterilização de Atum (*Katsuwonus pelamis*) em Bolsa Flexível**; Tese de Doutorado, p. 03-15, UNICAMP/FEA, jan 1998.
- DEIBEL K. E., JANTSCHKE, M., Canned Foods-Tests for Commercial Sterility, **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4ª ed. Cap. 61, p.577-582 - American Public Health Association (APHA). 1992.
- Doriot G. F.; **The Quartermaster Review** - Subsistence Research Laboratory - Mar-Abril 1994
- EVERSON, G. J.; LEONARD S.; LUH B. S.; SIMONE, M. **Asseptic Canning of Foods**. Food Technology. V 18, n1, p81-86, 1964
- FERNANDES S., E. M.; Proteção das propriedades da carne fresca pela embalagem; **Revista Nacional da Carne**, 331ª ed.; Set 2004, Disponível em: www.grupodimepar.com.br Acesso em 29 set. 2005.
- GAVA, A.J., **Princípios de Tecnologia de Alimentos**, p. 120-127, São Paulo, Ed. Nobel, 2002
- HARMON, S. M., RHODEHAMEL J.; In: United States. Food and Drugs Administration, Bacteriological Analytical Manual, 8ª ed (revisão A). jan 2001. Cap. 16. Disponível em: http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam_16.html. Acesso em 05 out 2005.
- HAYAKAWA, K. (1978). A critical Review of Mathematical Procedures for Determining Proper Heat Sterilization Process. **Food Technology**, March, p. 59-83
- HOLDSWORTH, S. D.; **Thermal Processing of Packaged Foods**; Londres, Ed. Chapman & Hall, 1ª edição, p.71-73, 1997.

- HUDSON, S. B.; **Retorts And Returnable Containers** – Disponível em www.retorts.com Acesso em 03 out. 2005.
- JAY, J.M.; **Microbiologia de Alimentos**, Porto Alegre, 6ª edição, Artmed, p.365-380, 2005.
- LAMPI, R. A. – Retort Pouch: The Development Of A Basic Packaging Concept In Today's High Technology Era; **Journal of Food Process Engineering**, p. 1-18, 1980.
- LEBOWITZ, S. F.; BHOMIK, S. R.; Effect on Retortable Pouch Heat Transfer Coefficients of Different Thermal Processing Stages and Pouch Material; **Journal of Food Science**, V. 55, N° 5, p.1421-1434, 1990.
- LOPEZ, A. – A complete Course in Canning. Chapter 14, 11ª Ed., **Canning Trade Inc**, Maryland, Baltimore, 1981.
- MERMELSTEIN, N. H., Reort Pouch Earns 1978, IFT, **Food Technology Industrial Achievement Award**, p.22-26, Jun 1978..
- MESTRINER, F.; **Design De Embalagens: Curso Avançado**, Cap. 3 – Implantação de projetos, p. 67-91, Makron Books, 2 edição, 2004.
- MOSSEL, D. A. A., MORENO, B., STRUIJK, C. B.; **Microbiologia de los alimentos**; 2 Edição, Ed Acribia, p. 79-111, Zaragoza, Espanha,2003.
- MULLEY, E. A.; STUMBO, C. R.; HUNTING, W. M. Thiamine: A Chemical index of Sterilization Efficacy of Thermal Processing. **Journal of Food Science**. V 40, n.5, p. 993-996, 1975
- NAVEH, D.; KOPELMAN, I. J.; PFLUG, I. J. The Finite Element Method in Thermal Processing of Foods. **Journal of Food Science**. V. 48, n.4, p. 1086-1093, 1983
- NUTANISHI, C.; **Japan Packaging Machine Guide**, Furukawa MFG,Ltd, Hiroshima, Japan. 1998
- OLIVAS, G. I.; RODRÍGUES, J.J.; SEPÚLVEDA, D.R.; WARNER, H.; CLARK, S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. – Residual Gás Volume Effect on Quality of Retort Pouch Wet-Pack Pears, **Journal of Food Engineering**, p 233-249, 2002.
- OLIVAS, G. I.; RODRÍGUES, J.J.; SEPÚLVEDA, D.R.; WARNER, H.; CLARK, S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. – Storage Of Retort Pouch Beefsteak And Beef Stew Packed Under Four Headscape Levels, **Journal of Food Engineering**, p 227-242, 2003.
- OLIVEIRA, L. M.; D'ERRICO, F.M; MARTINS, M. I. P.; Retortable pouch & Retortable Container, CETEA – ITAL. Campinas, 1990.

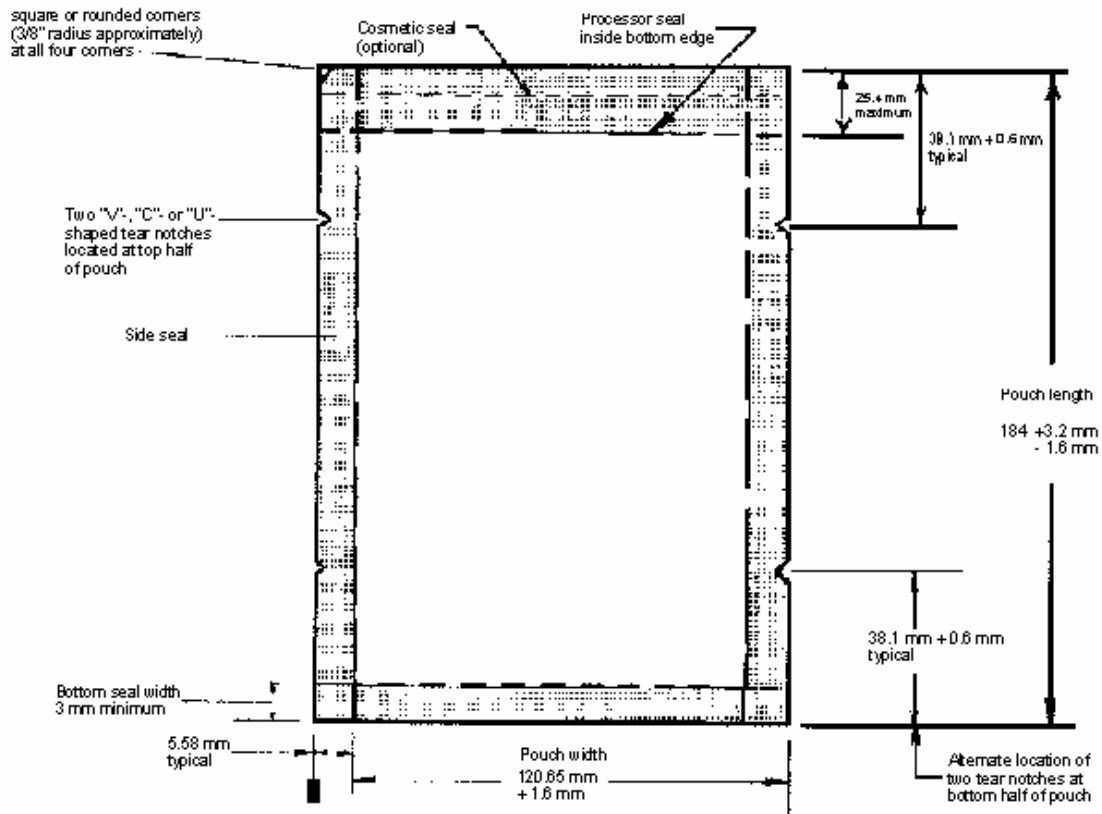
- OLSON, K. E., SORRELLS, K. M. Thermophilic Flat Sour Sporeformers, **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4^a ed., cap. 25, p.245 -248 - American Public Health Association (APHA). 2001
- ORDÓÑEZ, J. A. P., RODRIGUEZ, M. I. C., ÁLVAREZ, L. F., SANZ, M. L. G., MINGÜILLÓN, G. D. G. F., PERALES, L. H., CORTECERO, M. D. S.; **Tecnologia de Alimentos**, Vol.1, 109-123. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2005.
- ORTIZ, S. A. **Desempenho de Embalagens Flexíveis para Alimentos Termoprocessados quando Submetidas a Simulação de Manuseio e Transporte**. Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, 1986.
- PARK, K. J.; MURR, F. E. X; SALVADEGO, M. Medição da Condutividade térmica de milho triturado pelo Método da sonda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.17, n.3, p. 242-247, 1997.
- PTI - Packaging Technologies & Inspection LLC**, inspection technologies pti's an inspection division develops – disponível em www.ptiusa.com
- PURI, V. M. and ANANTHESWARAN, R. C. The Finite-Element Method in Food Processing: A Review. **Journal of Food Engineering**. v. 19, p.247-274.
- RICE, J. – Filling a Need – **Food Processing by Packaging Technology**, p. 52-62, Chicago, Out. 1994.
- ROJA, N.P.Jr.; **Air & Space Power Journal, versão em português**, Alabama, USA p 4-5, 1ºTrimestre, 2005.
- SASTRY, S. K.; BEELMAN, R. B. and SPERONI, J. J. A Three-Dimensional Finite Element Model for Thermally Induced Changes in Foods: Application to Degradation of Agaratine in Canned Mushrooms. **Journal of Food Science**, v.50, p.1293 - 1299
- SEGERLIND, L. J.; **Applied Finite Element Analysis**. John Wiley & Sons. New York, 1976
- SILVA, N., JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N. F. A., **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**, São Paulo, Ed. Varela, 2 edição, p.73-80, 2001
- SILVA, J. A., **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, Livraria Varela, p.127-145, 2000.
- SIMPSON, R., ALMONACID, S., MITCHELL, M.; **Mathematical model development experimental validation and process optimization: retortable pouches packed with seafood in cone frustum shape** – London, Elsevier – Journal of food engineering. P. 153-162, Abr. 2003

- SIMPSON, R. , CORTÉS, C. TEIXEIRA, A.; Energy consumption in batch thermal processing: model development and validation; **Journal of food engineering**, p. 1-8, London, Elsevier Applied Science, 2005
- SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introduction to Food Engineering**. 2nd. Ed. Academic Press Inc. San Diego, CA, 1993. 499 p.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Orlando, Fl. Academic Press, 287p., 1985
- STEFÉ, J. F.; WILLIAMS, J. R.; CHHINNAW, M. S and BLACK, J. R. Energy Requirements and Costs of Retort Pouch vs Can Packaging Systems. **Food Tech.**, sep., p.39-43, 1980.
- STUMBO, C. R. , **Thermobacteriology in Food Processing**, New York, Academic press inc., , 2 edição, p. 51-55, 1968.
- TANDON. S. AND BHOWMIK, S.R. Evaluation of Thermal Processing of Retortable Pouches Filled with Conduction Heated Foods Considering their Actual Shapes. **Journal of Food Science**, v.51, n.3, p. 709-714, 1986
- TEIXEIRA, A. A.; ZINSMEITER, G. E.; ZAHRADNIK, J. Computer Simulation of Variable Retort Control and Container Geometry as Possible Means of Improving Thiamine Retention in Thermally Processed Foods. **Journal of Food Science**. V. 40, n.4, p. 656-659, 1975.
- TERAJIMA, Y.; NONAKA, Y.; Retort Temperature Profile for Optimum Quality during Conduction-Heating of Food in Retortable Pouches, Vol.61, N° 4, **Journal of Food Science**, 1996.
- TOLEDO, R. T., CHAPMAN, J. R. ; Aseptic Packaging in Rigid Plastic Containers, **Food Technology**, p. 69-76, nov. 1973.
- TUOMY, Justin M., Young R.; Retort-Pouch Packaging of Muscle Foods for the Armed Forces. **Food Technology**, p.68-71 Feb 1982.
- WELT, B. A.; TEIXEIRA, A. A.; CHAU, K. V.; BALABAN, M. O.; HINTENLANG, D. E. Explicit Finite Difference Methods for Heat Transfer Simulation and Thermal Process Design. **Journal of Food Science**. V.62, n.2, p. 230-236, 1997

VIII – ANEXOS

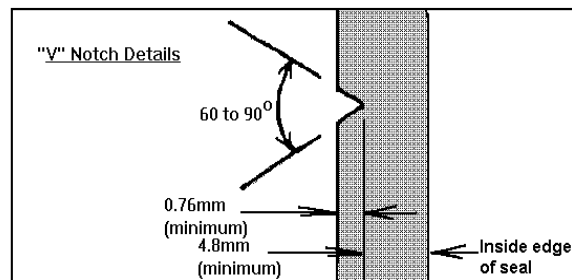
ANEXO A

I – “Lay Out” genérico de um “Retortable Pouch”.



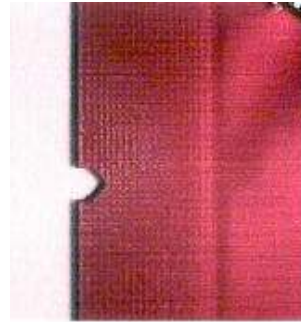
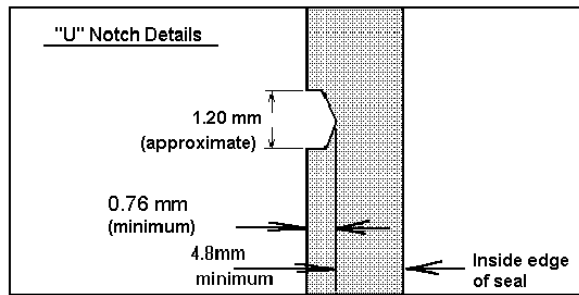
Fonte: Canadian Food Inspection Agency, 2002.

II – Exemplos das marcações de abertura de flexíveis.



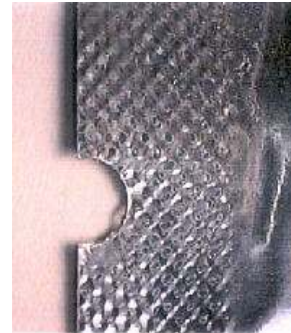
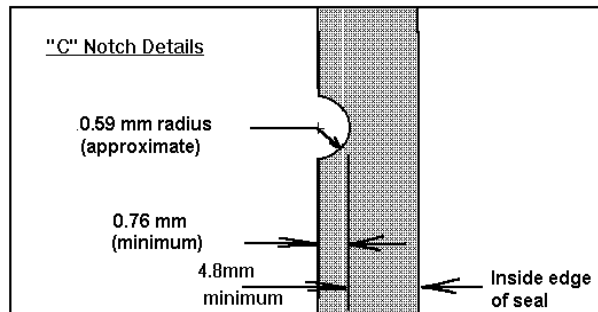
Exemplo de marca de abertura manual tipo “V”

Fonte: Canadian Food Inspection Agency, 2002.



Exemplo de marca de abertura manual tipo "U"

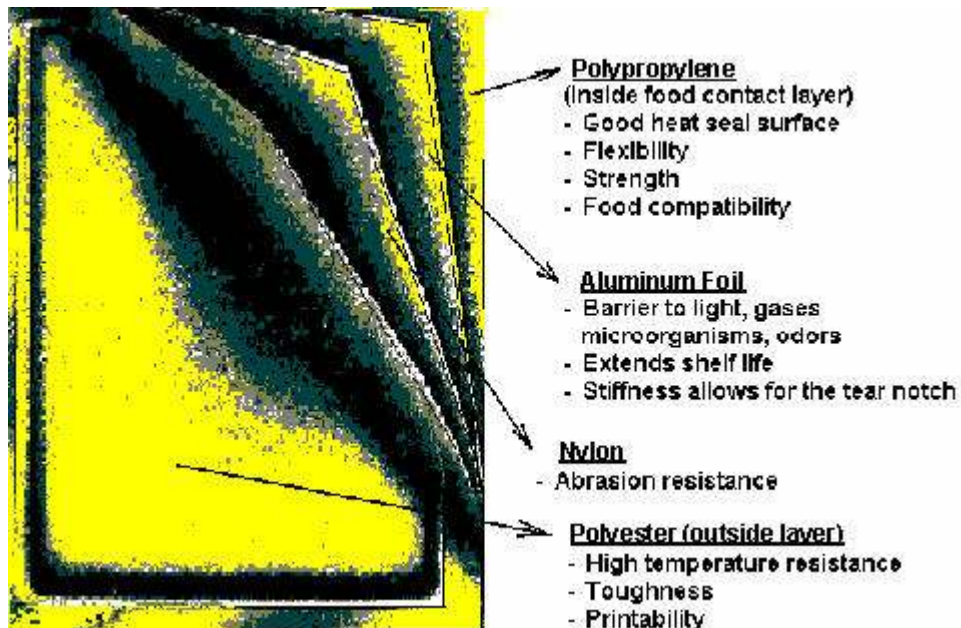
Fonte: Canadian Food Inspection Agency, 2002.



Exemplo de marca de abertura manual tipo "C"

Fonte: Canadian Food Inspection Agency, 2002.

III - Exemplo de laminação tipo 4 camadas.

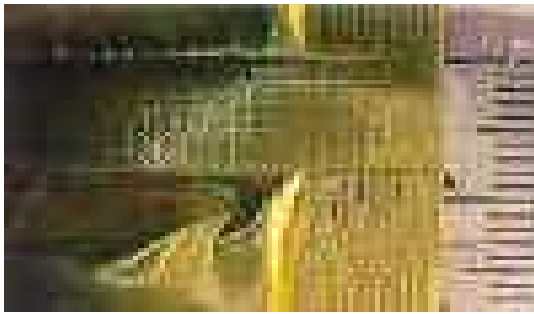


IV – Termossoldagem por aquecimento.



Fonte: Packaging Technologies & Inspection LLC

V – Termossoldagem por impulso



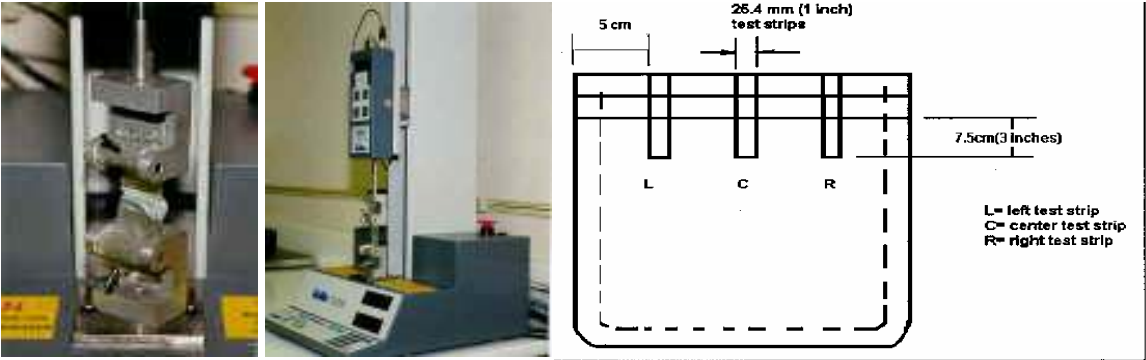
Fonte: Packaging Technologies & Inspection LLC

VI - Equipamento de teste interno de *pouch* com aferição de pressão.



Fonte: Packaging Technologies & Inspection LLC

VII – Testes de aferição e tensão em locais definidos entre selo e conteúdo e por estiramento



Fonte: Packaging Technologies & Inspection LLC

ANEXO B

Figura I – Posição de termopares para estudo de temperatura no interior das bolsas.

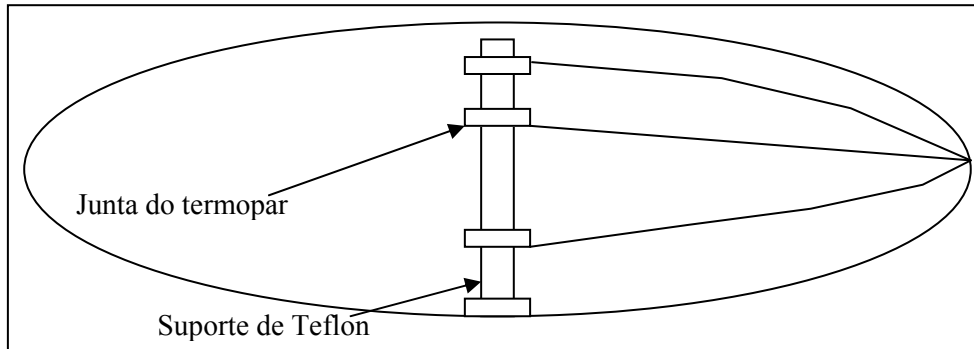


Figura II – Autoclave Horizontal Cellier.

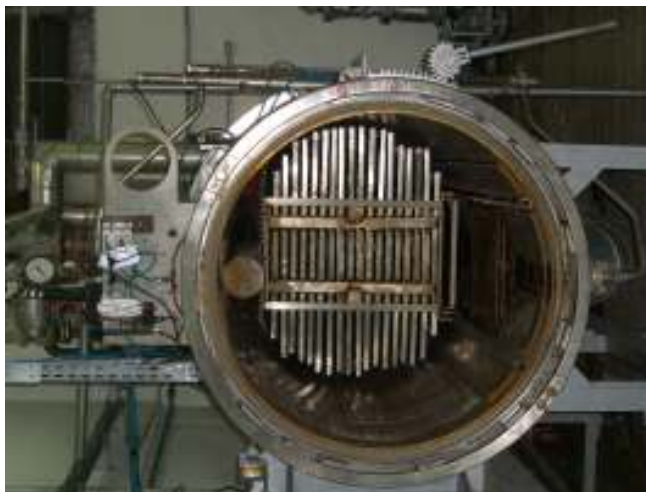


Figura III – Autoclave carregada com as embalagens.



ANEXO C – Análises microbiológicas de alimentos *in natura*

Tabela I – Carne *in natura*

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Carne in natura – amostra 1	5030	5 ^a	CAMV* UFC/g	--	8,35 x 10 ³	OK
			CBL* UFC/g	--	5,1 x 10 ⁴	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp	Ausência/ 25g	Ausente	
Carne in natura – amostra 2	5040	5 ^a	CAMV* UFC/g	--	7,48 x 10 ³	OK
			CBL* UFC/g	--	4,3 x 10 ⁴	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp	Ausência/ 25g	Ausente	
Carne in natura – amostra 3	5050	5 ^a	CAMV* UFC/g	--	9,46 x 10 ³	OK
			CBL* UFC/g	--	2,4 x 10 ⁴	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp	Ausência/ 25g	Ausente	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C ; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor

Tabela II – Cenoura *in natura*

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Cenoura in natura – amostra 1	5030	3a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	4,3 x 10 ⁴ 4,0 x 10 ⁵ 21 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK
Cenoura in natura – amostra 2	5040	3a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	4,7 x 10 ⁴ 4,3 x 10 ⁵ <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK
Cenoura in natura – amostra 3	5050	3a	CAMV* UFC/g CBL* FC/g C35°C* MP/g C45°C MP/g CECP* FC/g CBC* FC/g CCSR* FC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	4,5 x 10 ⁴ 3,8 x 10 ⁵ 9 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor

Tabela III – Batata *in natura*

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Batata in natura – amostra 1	5030	3a	CAMV.....UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	3,08 x 10 ³ 2,3 x 10 ³ <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK
Batata in natura – amostra 2	5040	3a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C MP/g CECP* FC/g CBC* FC/g CCSR* FC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	3,0 x 10 ³ 2,1 x 10 ³ <03 21 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK
Batata in natura – amostra 3	5050	3a	CAMV* FC/g CBL* FC/g C35°C* NMP/g C45°C NMP/g CECP* FC/g CBC* FC/g CCSR* FC/g <u>Salmonella sp</u>	-- -- -- 10 ³ -- -- -- Ausência/ 25g	3,5 x 10 ³ 1,8 x 10 ³ <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente	OK

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis ; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor

Tabela IV – Arroz *in natura*

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Arroz polido cru – amostra 1	5030	0	CAMV* UFC/g	--	20	OK
			CBL* UFC/g	--	10 ²	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp*	--	Ausente	
Arroz polido cru – amostra 2	5040	0	CAMV* UFC/g	--	30	OK
			CBL* UFC/g	--	1,1 x 10 ²	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp*	--	Ausente	
Arroz polido cru – amostra 3	5050	0	CAMV* UFC/g	--	10	OK
			CBL* UFC/g	--	1,5 x 10 ²	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	20	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			Salmonella sp*	--	Ausente	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras; C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C; CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*; CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Anexo D – Análises microbiológicas de alimentos preparados

Tabela I – Arroz cozido

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Arroz pronto – amostra 1	5030	9a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C* NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp*</u> Esterilidade Comercial	-- -- -- -- -- -- -- -- Comercialmente estéril	<10 <10 <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente Comercialmente Estéril	OK
Arroz pronto – amostra 2	5040	9a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C* NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp*</u> Esterilidade Comercial	-- -- -- -- -- -- -- -- Comercialmente estéril	<10 <10 <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente Comercialmente Estéril	OK
Arroz pronto – amostra 3	5050	9a	CAMV* UFC/g CBL* UFC/g C35°C* NMP/g C45°C* NMP/g CECP* UFC/g CBC* UFC/g CCSR* UFC/g <u>Salmonella sp*</u> Esterilidade Comercial	-- -- -- -- -- -- -- -- Comercialmente estéril	<10 <10 <03 <03 <10 ² <10 ² <10 Ausente Comercialmente Estéril	OK

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras
C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C;CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*
CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

Tabela II – Carne com legumes cozido

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Carne com legumes amostra 1	5030	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	
Carne com legumes amostra 2	5040	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	
Carne com legumes amostra 3	5050	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras
 C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C;CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*
 CCSR = Contagem de Clostridio sulfito redutor.

ANEXO E – Ficha de avaliação sensorial

Nome: _____ Data: ____/____/____

Idade: _____

Você está recebendo uma amostra de ração (carne com legumes e arroz) . Por favor, observe cada amostra e avalie a em relação à **APARÊNCIA** e indique, de acordo com a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da mesma.

- | | | |
|------------------------------------|------------------|-----------------|
| 9 gostei extremamente | Nº Amostra _____ | APARÊNCIA _____ |
| 8 gostei muito | | |
| 7 gostei moderadamente | _____ | _____ |
| 6 gostei ligeiramente | | |
| 5 nem gostei/ nem desgostei | | |
| 4 desgostei ligeiramente | | |
| 3 desgostei moderadamente | | |
| 2 desgostei muito | | |
| 1 desgostei extremamente | | |

Comentários: _____

Agora aspire a amostra e avalie seu **AROMA** , indicando, de acordo com a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou.

- | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------|
| 9 gostei extremamente | Nº Amostra _____ | AROMA _____ |
| 8 gostei muito | | |
| 7 gostei moderadamente | _____ | _____ |
| 6 gostei ligeiramente | | |
| 5 nem gostei/ nem desgostei | | |
| 4 desgostei ligeiramente | | |
| 3 desgostei moderadamente | | |
| 2 desgostei muito | | |
| 1 desgostei extremamente | | |

Comentários: _____

Prove a amostra e avalie seu **SABOR**, indicando, de acordo com a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou.

- | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------|
| 9 gostei extremamente | | |
| 8 gostei muito | Nº Amostra _____ | SABOR _____ |
| 7 gostei moderadamente | | |
| 6 gostei ligeiramente | _____ | _____ |
| 5 nem gostei/ nem desgostei | | |
| 4 desgostei ligeiramente | | |
| 3 desgostei moderadamente | | |
| 2 desgostei muito | | |
| 1 desgostei extremamente | | |

Avalie a **QUANTIDADE DE SAL** da amostra em relação ao que você considera **IDEAL**, de acordo com a escala abaixo.

	<u>Nº Amostra</u>	<u>Quantidade de sal</u>
+3 muito mais salgada que o ideal (muito salgada)	_____	_____
+2 moderadamente mais salgada que o ideal		
+1 ligeiramente mais salgada que o ideal		
0 ideal		
-1 ligeiramente menos salgada que o ideal		
-2 moderadamente menos salgada que o ideal		
-3 muito menos salgada que o ideal (refeição insossa)		
Comentários:		

Avalie a TEXTURA dos componentes da amostra em separado em relação ao que você considera IDEAL , de acordo com a escala abaixo.		
	<u>Nº Amostra:</u> _____	
+3 muito mais duro que o ideal	<u>Textura</u>	
+2 moderadamente mais duro que o ideal		
+1 ligeiramente mais duro que o ideal	Carne: _____	
0 ideal	Legumes: _____	
-1 ligeiramente menos duro que o ideal	Arroz: _____	
-2 moderadamente menos duro que o ideal		
-3 muito menos duro que o ideal		
Comentários:		

Indique, de acordo com a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da amostra, **DE UM MODO GERAL**.

	<u>Nº Amostra</u>	<u>Impressão Global</u>
9 gostei extremamente	_____	_____
8 gostei muito		
7 gostei moderadamente		
6 gostei ligeiramente		
5 nem gostei/ nem desgostei		
4 desgostei ligeiramente		

3 desgostei moderadamente
2 desgostei muito
1 desgostei extremamente
Comentários:

Tabela II – Carne com legumes cozido

Produto	Lote	Grupo RDC 12	Determinações analisadas	Aceitação	Resultado obtido	Situação
Carne com legumes amostra 1	5030	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	
Carne com legumes amostra 2	5040	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	
Carne com legumes amostra 3	5050	9ª	CAMV* UFC/g	--	<10	OK
			CBL* UFC/g	--	<10	
			C35°C* NMP/g	--	<03	
			C45°C* NMP/g	--	<03	
			CECP* UFC/g	--	<10 ²	
			CBC* UFC/g	--	<10 ²	
			CCSR* UFC/g	--	<10	
			<u>Salmonella sp*</u>	--	Ausente	
			Esterilidade Comercial	Comercialmente estéril	Comercialmente Estéril	

* Análises de caráter informativo.

CAMV = Contagem de aeróbios mesófilos viáveis; CBL = Contagem de bolores e leveduras
 C35°C = NMP de coliformes a 35°C; C 45°C = NMP de coliformes a 45°C;CECP = Contagem de Estafilococos coagulase positiva; CBC = Contagem de *Bacillus cereus*
 CCSR = Contagem de Clostridio sulfito reductor.