

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CLEITON JOSÉ WESCHENFELDER

**ANÁLISE DO PROCESSO DE RESFRIAMENTO DE PRESUNTO COZIDO
EM UMA UNIDADE DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

MEDIANEIRA

2021

CLEITON JOSÉ WESCHENFELDER

**ANÁLISE DO PROCESSO DE RESFRIAMENTO DE PRESUNTO COZIDO
EM UMA UNIDADE DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

**Analysis of the cooling process of cooked ham in an industrial processing
unit**

Trabalho de Conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Alimentos
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Elciane Regina Zanatta

Co-orientadora: Profa. Dra. Cristiane Canan

MEDIANEIRA

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação Engenharia de Alimentos

Cleiton José Weschenfelder

Análise do processo de resfriamento de presunto cozido em uma unidade de processamento industrial

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado às 09:00 horas do dia 13 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) de Alimentos, do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Orientador: Elciane Regina Zanatta

Co-orientador: Cristiane Canan

Membro da Banca: Adriana Aparecida Droval

Membro da Banca: Marinês Paula Corso

Aluno: Cleiton José Weschenfelder

Medianeira, 13 de agosto de 2021.

“O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso”

RESUMO

O presunto cozido é um dos produtos *RTE – Ready to eat* (pronto para comer) mais consumidos do mundo, e sua qualidade é influenciada por diversos fatores, que vão desde a seleção de matéria-prima, composição e nível de salmoura, tratamento mecânico, cozimento e resfriamento, fatores estes que influenciam na qualidade microbiológica, sensorial, tecnológicas e nutricionais do produto. O resfriamento é considerado uma etapa crítica no processamento de alimentos cozidos prontos para comer, ocorrendo de forma adequada evita o desenvolvimento de microrganismos. A eficiência do resfriamento é caracterizada pela relação entre o tempo e a temperatura, quanto menor o tempo de resfriamento, maior será a eficiência do sistema. Desta forma o objetivo do trabalho foi analisar o procedimento atual de resfriamento de presunto cozido em uma unidade de processamento que utiliza tanques de imersão e sala de aspersão de água, e sugerir uma possível readequação do fluxo do processo considerando as variáveis tempo e a temperatura. Foi sugerido dois fluxos alternativos para o resfriamento do presunto cozido, com 3 diferentes tempos de permanência na primeira etapa, fluxo 1: parte do resfriamento na sala de aspersão com término em tanques de imersão e fluxo 2: iniciando o resfriamento em tanque de imersão seguindo para a sala de aspersão de água gelada. Analisado o processo de resfriamento e com a construção dos perfis de temperatura constatou-se que, em tanques de imersão demorou 170 minutos para atingir 8,0 °C na superfície das peças de presunto. Para as sugestões, o fluxo 1 de resfriamento, o mais eficiente foi com o tempo de permanência de 57 minutos na sala de aspersão, totalizando um tempo de resfriamento de 158 minutos. Para o fluxo 2 de resfriamento, tanque de imersão seguido para a sala de aspersão, e o resfriamento somente na sala de aspersão não se mostraram processos eficientes. Para acelerar o processo de resfriamento do presunto cozido, sugere-se a viabilidade de instalação de agitadores de água nos tanques de imersão e de ventiladores na sala de aspersão de água gelada.

Palavras-chave: eficiência; temperatura; imersão; aspersão.

ABSTRACT

Cooked ham is one of the most consumed RTE - Ready to Eat, products in the world, and its quality is influenced by several factors, ranging from raw material selection, composition and brine level, mechanical treatment, cooking and cooling, factors that influence the microbiological, sensory, technological and nutritional quality of the product. Cooling is considered a critical step in the processing of ready-to-eat cooked food, taking place properly and preventing the development of microorganisms. Cooling efficiency is characterized by the relationship between time and temperature, the shorter the cooling time, the greater the efficiency of the system. Thus, the objective of this work was to analyze the current procedure for cooling cooked ham in a processing unit that uses immersion tanks and a water spray room, and to suggest a possible readjustment of the process flow considering the variables time and the temperature. Two alternative flows were suggested for cooling the cooked ham, with 3 different dwell times in the first stage, flow 1: part of the cooling in the sprinkler room ending in dip tanks and flow 2: starting the cooling in the dip tank and following to the chilled water sprinkler room. After analyzing the cooling process and with the construction of temperature profiles, it was found that, in immersion tanks, it took 170 minutes to reach 8.0 ° C on the surface of the ham pieces. For the suggestions, cooling flow 1, the most efficient was with a residence time of 57 minutes in the spray room, totaling a cooling time of 158 minutes. For cooling stream 2, dip tank followed to the sprinkler room, and cooling only in the sprinkler room did not prove to be efficient. To speed up the ham cooling process Once cooked, it is necessary to install water agitators in the immersion tanks and fans in the chilled water spray room.

Keywords: efficiency; temperature; immersion; sprinkling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais etapas do processo de fabricação de Presunto cozido.....	15
Figura 2 - Método de aferição da temperatura das peças de presunto cozido para acompanhamento do resfriamento.....	20
Figura 3 - Fluxograma do atual processo de resfriamento do presunto cozido da unidade industrial e as possíveis sequências que podem ser adotadas.....	24
Figura 4 - Layout do atual processo de cozimento, pré-resfriamento e resfriamento do presunto cozido na unidade industrial.....	25
Figura 5 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento atual do presunto cozido em tanques de imersão na unidade industrial.....	28
Figura 6 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento atual do presunto cozido em sala de aspersão de água gelada na unidade industrial.....	29
Figura 7 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo A.....	31
Figura 8 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo B.....	32
Figura 9 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo C.....	32
Figura 10 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo D.....	33
Figura 11 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo E.....	34
Figura 12 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo F.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Monitoramento do Resfriamento em Tanques realizado pelos operadores de produção.....	26
Tabela 2 - Monitoramento do Resfriamento na sala de aspersão realizado pelos operadores de produção.....	27
Tabela 3 - Trajetórias e o tempo de resfriamento dos presuntos.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1 MERCADO DE CARNE SUÍNA E CONSUMO DE PRESUNTO.....	12
3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE PRESUNTO.....	13
3.3 PROCESSAMENTO DO PRESUNTO.....	13
3.4 RESFRIAMENTO.....	16
3.5 TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL DE RESFRIAMENTO NA UNIDADE INDUSTRIAL.....	19
4.2 CONSTRUÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA DO PRESUNTO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO PROCESSO ATUAL.....	19
4.2.1 Construção do Perfil de Temperatura de Resfriamento Para o Presunto Cozido.....	19
4.2.2 Construção do Perfil de Temperatura da Água Utilizada no Resfriamento.....	21
4.3 SUGESTÃO DE FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO PARA O PRESUNTO COZIDO, UTILIZANDO AS CONDIÇÕES ATUAIS DE RESFRIAMENTO DISPONÍVEIS NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO.....	21
4.4 CONSTRUÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA DO RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO PARA OS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO.....	22
4.5 COMPARAR OS PERFIS DE TEMPERATURA ATUAL COM OS FLUXOS SUGERIDOS PARA RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO.....	22
4.6 CONCLUSÃO SOBRE O FLUXO DE OTIMIZAÇÃO.....	23
4.7 SUGESTÃO DE ALTERNATIVAS DE RESFRIAMENTO PARA O PRODUTO PRESUNTO COZIDO.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 ANÁLISE DO ATUAL PROCESSO DE RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO.....	24
5.1.1 Dados do Resfriamento do Presunto Cozido em Tanques de Imersão.....	26
5.1.2 Dados do Resfriamento do Presunto Cozido na Sala de Aspersão de Água Gelada.....	27
5.2 ANÁLISE DOS ATUAIS PERFIS DE TEMPERATURA DO ACOMPANHAMENTO DO RESFRIAMENTO DE PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO UTILIZADA.....	28
5.3 ANÁLISE DOS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO PARA O PRESUNTO COZIDO, UTILIZANDO AS CONDIÇÕES ATUAIS DE RESFRIAMENTO DISPONÍVEIS NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO.....	30
5.3.1 Resultados para o Fluxo Sugerido 1.....	30
5.3.2 Resultados para o Fluxo Sugerido 2.....	30

5.4 ANÁLISE DOS PERFIS DE TEMPERATURA DO RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO PARA OS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO.....	31
5.4.1 Resultados para o Perfil de Temperatura, Fluxo 1.....	31
5.4.2 Resultados para o Perfil de Temperatura, Fluxo 2.....	33
5.5 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS DE TEMPERATURA ATUAL COM O DO FLUXO SUGERIDO PARA RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO.....	35
5.6 ALTERNATIVAS QUE POSSAM ACELERAR O PROCESSO DE RESFRIAMENTO DOS PRESUNTOS COZIDOS.....	37
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de alimentos busca continuamente evoluir e aprimorar meios de preparo e conservação dos produtos cárneos com o propósito de melhorar a qualidade, as propriedades higiênicas e nutricionais dos alimentos e sobretudo, atender às exigências e demandas da indústria e dos consumidores, os quais, devido a mudanças de seus hábitos alimentares, apresentam um crescente consumo de alimentos prontos para o consumo (*RTE- Ready to eat*) (BARBA et al., 2013).

Um dos produtos *RTE* mais consumidos no mundo é o presunto curado cozido (comumente denominado presunto cozido), valor nutricional e atributos sensoriais apreciados por pessoas de todas as idades e classes (BENET et al., 2016). A qualidade do presunto cozido é influenciada por vários fatores, desde a etapa de seleção de matéria-prima, composição e nível de injeção de salmoura, tratamento mecânico, de cozimento e resfriamento (TOMOVIC et al., 2013), fatores que exercem papel fundamental não apenas na qualidade microbiológica, mas também nas características sensoriais, tecnológicas e nutricionais do produto (VÁLCOVÁ et al., 2007).

Independente dos métodos que os alimentos foram preparados e procedimentos usados para o cozimento, o resfriamento rápido é de extrema importância para fornecer produtos com qualidade sensorial e nutricional, além de proporcionar maior vida útil e segurança microbiológica para o consumidor e cessar o cozimento (ZHANG, et al., 2013). De acordo com CEPEDA (2013), se os produtos cozidos cárneos forem resfriados adequadamente imediatamente após o cozimento o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e formadores de esporos que sobrevivem durante o processo de cozimento podem ser evitados.

Segundo Oliveira (2016), os gastos energéticos com tratamento térmico como cozimento e resfriamento na indústria são elevados, tornando necessário deste modo o estudo de melhorias nos processos, de modo que os recursos existentes sejam utilizados em sua capacidade máxima e em condições ótimas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o procedimento atual de resfriamento de presunto cozido em uma unidade de processamento que utiliza tanques de imersão e sala de aspersão de água, e sugerir uma possível readequação do fluxo do processo considerando as variáveis tempo e a temperatura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o atual processo de resfriamento do presunto cozido em uma unidade de processamento que utiliza tanque de imersão e sala de aspersão;
- Construir os atuais perfis de temperatura do resfriamento do presunto cozido e da água de resfriamento.
- Analisar fluxos alternativos de resfriamento para o presunto cozido, utilizando as condições atuais de resfriamento disponíveis na unidade de processamento;
- Construir os perfis de temperatura do resfriamento do presunto cozido e da água de resfriamento para os fluxos alternativos de resfriamento;
- Comparar os perfis de temperatura atual com o do fluxo sugerido para resfriamento do presunto cozido;
- Concluir sobre os fluxos de resfriamento sugeridos;
- Sugerir outras alternativas que possam acelerar o processo de resfriamento dos presuntos cozidos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MERCADO DE CARNE SUÍNA E CONSUMO DE PRESUNTO

Em concordância com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), no ano de 2019, o Brasil exportou 85,71% de cortes suínos seguido de miúdos com 9,72% e em 4º lugar no quesito exportação estão os embutidos, somando um total de 1,41%, no mesmo ano, o destino da produção brasileira de carne suína foi 19% para exportações, totalizando um total de 750 mil toneladas, o maior volume dos últimos 10 anos e o restante da produção foi consumido no mercado interno sendo que o consumo per capita de carne suína no Brasil é de 15,3 kg/hab (ABPA, 2021). Em 2020, os embarques de carne suína, considerando os produtos *in natura* e processados chegaram a 87,5 mil toneladas em novembro, sendo 31,7% superior ao efetivado no ano anterior, com 66,4 mil toneladas, no acumulado de 2020 (janeiro a novembro), as vendas internacionais de carne suína chegaram a 940,9 mil toneladas, que quando comparado ao mesmo período de 2019 somam um total de 39,5% a mais (ABPA, 2021). E pela primeira vez na história, as exportações brasileiras de carne suína ultrapassam a casa de dois bilhões de dólares, chegando a US\$ 2,079 bilhões, número 47,1% maior que o ano anterior, 2019 (ABPA, 2021).

As exportações brasileiras, em 2021 devem aumentar 5,0% a partir de 2020, marcando o 10º ano consecutivo de crescimento, um persistente déficit de oferta de carne suína na China, uma recuperação no cenário global na economia e um real competitivo alimentará o crescimento das exportações, com previsão que o Brasil contribua com 23,0% das exportações globais de carne (USDA, 2021).

A produção global de carne suína está estimada em um aumento de 5,0% em 2021, resultado da recuperação dos impactos da peste suína africana (ASF) na China e no Vietnã, além disso a melhora das condições econômicas e oportunidades de exportações contínuas apoiarão o crescimento da produção entre a maioria dos principais produtores (USDA, 2021).

No Brasil, entre os anos de 2017 e 2018, foi consumido uma média *per capita* de 0,4 g/dia de presunto, sendo que os homens consumiram 0,5 g/dia, 0,2 g/dia a mais que as mulheres, e desse total, 9% foi consumido fora do domicílio, na região sul do Brasil a frequência de consumo de presunto é de 3,6% se destacando quando comparada as outras regiões, sendo praticamente o dobro consumido da

região sudeste (1,6%), em último lugar aparece a região norte, com um consumo alimentar de 0,5% (IBGE, 2020).

3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE PRESUNTO COZIDO

O Ministério da Agricultura designa Presunto o produto cárneo obtido dos cortes do membro superior do suíno, desossado ou não, e submetido ao processo térmico adequado, quando o membro posterior não for de suíno, o produto será denominado de Presunto, seguido do nome da espécie animal de procedência, e entende-se por Presunto Cozido, seguido das especificações que couberem, o produto cárneo industrializado obtido exclusivamente com pernil de suínos, desossado, adicionado de ingredientes, e submetido a um processo de cozimento adequado (BRASIL, 2000).

São ingredientes obrigatórios na composição do Presunto Cozido: Carne de pernil suíno, sal, nitrato e/ou nitrito de sódio e/ou potássio em forma de salmoura, os ingredientes opcionais podem ser proteínas de origem animal e/ou vegetal, açúcares, maltodextrina, condimentos, aromas e especiarias e aditivos intencionais, sendo que a adição de proteínas não cárneas é permitida a adição na forma agregada de no máximo 2,0% (BRASIL, 2000).

De acordo com a Instrução Normativa N° 60 de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019) que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos prontos para oferta ao consumidor, designa que para o presunto cozido deve-se ter ausência de *Salmonella*/25 g, e no máximo 10^2 UFC para *Clostridium perfringens*/g e Estafilococos coagulase positiva/g e menor que 10 UFC para *Escherichia coli*/g.

Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2000), o presunto deve atender aos critérios físico-químicos: Relação umidade/proteína de no máximo 5,35%, mínimo de 14,0% de proteína e no máximo 2,0% de carboidratos. Os padrões sensoriais textura, cor, sabor e odor devem ser característicos para presunto cozido de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000).

3.3 PROCESSAMENTO DO PRESUNTO

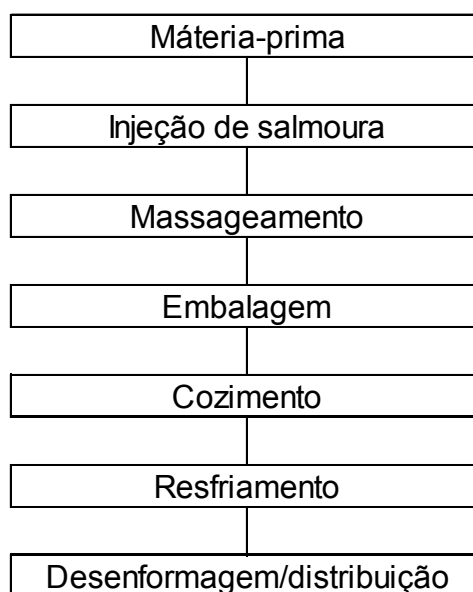
Para a produção de presuntos existem diversas técnicas e métodos originando diversas formas, sabores e texturas, fatores que são influenciadas pela

escolha dos ingredientes e as técnicas de fabricação, um princípio aplicado a todo processamento de presunto para o sucesso das operações é funcionários treinados, comprometidos com o trabalho, atentos e motivados, outros pontos cruciais para a manutenção da qualidade é se ter uma análise criteriosa da qualidade das matérias-primas, manutenção do maquinário e instalações industriais, e métodos de produção assegurados, detalhados e documentados (JABAAY, 2013).

Cortes cárneos do pernil suíno são utilizados para a fabricação de presunto cozido enformados, estas são injetadas e massageadas com uma solução de água, sal e fosfatos, o que ajuda a extrair as proteínas e transportá-las à superfície da carne, uma vez acontecido isso, a carne fica com aspecto “grudento”, tornando possível que os pedaços se liguem durante o cozimento, originando um produto homogêneo (ALVARADO, 2018).

As proteínas cárneas, actina e miosina são solúveis em sal e são capazes de se associar às moléculas de água, gordura e outras proteínas. Durante o cozimento, se dá a desnaturação proteica responsável pela união dos pedaços de carne (ALVARADO, 2018). Para a gelificação do exsudato as proteínas miofibrilares são as principais impulsionadoras, sendo um processo de três estágios de dissociação, desnaturação térmica e agregação, resultando na formação de uma rede tridimensional resultante do equilíbrio entre as interações proteína-proteína e proteína-interações de água (BOMBRUN et al., 2014).

Na Figura 1 é possível a visualização das principais etapas do processo de fabricação do presunto cozido.

Figura 1- Principais etapas do processo de fabricação de Presunto cozido

Fonte: Adaptado de Toldra e Reig (2016)

É necessário após a desossa que as porções musculares sofram a retirada da gordura, tecido conectivo, couro, nódulos e tendões (TERRA, 1998), essa retirada irá facilitar a ligação e união das partes cárneas nas etapas subsequentes do processamento (ORDÓNEZ, 2005).

A injeção da salmoura é realizada por meio de um sistema de múltiplas agulhas, de alguns dos componentes, o sal irá auxiliar na ligação dos músculos através das proteínas miofibrilares, alguns carboidratos são adicionados para transmitir sabor suave e agradável e o nitrito para fim de conservação além de contribuir para a cor rosa após o cozimento, o uso de fosfatos, aumentará a capacidade de retenção de água e aumenta a solubilização das proteínas (TOLDRA; REIG, 2016), ou ainda, a adição de salmoura pode ser realizada pela marinação dos pedaços de carne (BRESSAN; PEREZ, 2001). A etapa de injeção de salmoura é fundamental para o processo, pois os ingredientes respondem significativamente pela qualidade final do produto (OLIVEIRA, 2016).

O massageamento ou tambleamento é realizado por equipamentos rotativos, sendo importante que a rotação tenha velocidade baixa para não danificar destrutivamente a carne na medida que colidem com as estruturas, esse processo é frequentemente realizado sob aplicação de vácuo, que tem como propósito remover bolhas de ar de dentro da carne, reduzindo deste modo as reações de oxidação (TOLDRA; REIG, 2016) e permite a melhor absorção dos ingredientes de cura e

coesão das peças de carne (GALINA, 2014). Dentre as principais vantagens da realização da operação de tangleamento pode-se citar: melhor penetração da salmoura, maior uniformidade da cor, aumento da liberação das proteínas das fibras musculares solúveis no sal o que resulta na melhoria da liga do produto, rendimento mais uniforme e o melhor fatiamento (PARDI, 1996). Para ocorrer a etapa de cozimento, os pedaços de carne são colocados em embalagens a base de polímeros e alocados em moldes de metal, o propósito do cozimento é alcançar sabor e textura aceitáveis além de unir os pedaços de carne e reduzir a carga microbiana a níveis aceitáveis (TOLDRA; REIG, 2016).

Na década de 80, foi um marco altamente significativo para a fabricação de presunto, pois coincide com o aparecimento do processo *cook-in*, nesse processo, o cozimento da peça cárnea é cozida dentro da embalagem de comercialização, possibilitando triplicar a vida de prateleira do presunto (TERRA, 1998).

Durante o cozimento, os mecanismos de transferência de calor ocorrem por duas maneiras: convecção, sendo a transferência do calor do meio de aquecimento para a superfície do presunto e por condução, transferência do calor da superfície do presunto para a parte interna deste (TOLDRA; REIG, 2016).

A etapa de resfriamento acontece com os moldes sendo imersos em água fria ou usando aspersores de água, o resfriamento deve ser realizada para garantir a salubridade e segurança das peças de presunto (TOLDRA; REIG, 2016) e visa cessar o cozimento e ajuda na destruição de possíveis microrganismos que sobreviveram ao tratamento térmico e ainda evita o enrugamento da peça (GALINA, 2014).

Por fim, atingindo a temperatura de resfriamento estipulada (8,0 °C) as peças de presunto são desenformadas e seguem para a embalagem secundária e expedição.

3.4 RESFRIAMENTO

A conservação de alimentos é indispensável nas indústrias de alimentos, em especial as que produzem laticínios, carnes e derivados pois visa prolongar a vida de útil dos mesmos. O termo “preservação de alimentos” abrange uma variedade de técnicas como, por exemplo, congelamento, secagem, resfriamento e desidratação osmótica (SILVA, 2007).

A temperatura é um fator de extrema importância para a conservação dos alimentos, quando há um aumento da temperatura, acelera-se o processo de deterioração (HALL, 2014), a diminuição da temperatura do produto é de extrema significância, retarda de maneira satisfatória, as reações de químicas e as atividades enzimáticas e o ritmo de desenvolvimento de microrganismos (SILVA, 2007).

O resfriamento é considerado uma etapa crítica no processamento de alimentos cozidos prontos para comer, e se ocorrer de forma adequada imediatamente após o cozimento, o resfriamento evita o desenvolvimento de microrganismos patogênicos que são capazes de sobreviver ao tratamento térmico de cozimento (CEPEDA et al., 2013).

Dos diferentes métodos de resfriamento rápido se torna destaque os sistemas de resfriamento com ar forçado (*forced-air cooling*) e com água geladas (*hydrocooling*). No primeiro método os produtos a serem resfriados são acondicionados no interior de túneis de ar forçado, composto por ventiladores, associados ao sistema de refrigeração da câmara, para uma boa eficiência na troca de calor, o ar deve entrar em contato com a maior parte da embalagem do produto. Para o resfriamento *hidrocooling* o calor do produto é removido usando como meio de resfriamento a água a baixas temperaturas, o produto pode tanto ser imerso em tanques, ou, usando-se o método de aspersão, onde a água é aspergida de forma contínua na superfície do produto (TERUEL et al., 2003). O sistema mais eficiente geralmente é por imersão, quando a água circula a uma baixa temperatura em torno do produto, fazendo com que a temperatura da superfície se torne rapidamente semelhante a temperatura da água (OLIVEIRA, 2016).

O resfriamento a vácuo remove calor através da evaporação da água, obtida pela diminuição da pressão dentro do sistema, diminuindo deste modo o tempo de resfriamento (MCDONALD et al., 2000). O princípio do processo do resfriamento a vácuo é baseado na evaporação da água contida nos produtos, sendo a energia necessária para evaporá-la fornecida pelo próprio produto, que se resfria (HOUSCA et al., 2003). Esse processo permite que alimentos porosos sejam resfriados em minutos, porém a água evaporada é uma perda de massa indesejada, esse processo é usado frequentemente para resfriar vegetais, flores, entre outros (HOUSCA et al., 2003). O resfriamento a vácuo é o método mais rápido e com menor custo de energia, mas o custo dos equipamentos envolvidos é elevado, o que restringe sua aplicação para muitos tipos de produtos (MCDONALD et al., 2013).

A eficiência do resfriamento é caracterizada pela relação entre o tempo e a temperatura, quanto menor o tempo de resfriamento, maior a eficiência do sistema, traduzindo em produtos que mantêm sua qualidade e uma vida útil de prateleira maior (TERUEL et al., 2003). Cabe ressaltar que, fatores como a geometria, o tamanho e a condutividade térmica dos alimentos e a velocidade do meio de resfriamento irá influenciar na taxa de resfriamento (WANG; SUN, 2002).

Para o processamento de produtos cárneos como é o caso de presunto cozido o resfriamento é considerado um ponto crítico de controle, estando diretamente ligado a segurança microbiológica e sua qualidade tecnológica e sensorial (OLIVEIRA, 2016).

3.5 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Uma definição simples para transferência de calor é: energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura no espaço, e de acordo com a literatura são três os mecanismos fundamentais para a transferência de calor: condução, convecção e radiação (INCROPERA et al., 2014).

Quando existe um sólido imerso em um líquido não estagnado irá ocorrer uma troca de calor entre o fluido e a superfície do sólido através do mecanismos convectivo, desde que haja diferença de temperatura, deste modo irá provocar um gradiente de temperatura no interior do sólido induzindo a transferência de calor por condução (SILVA, 2007).

A transferência de calor por convecção é classificada em convecção natural e convecção forçada, de acordo com a natureza do fluido, o primeiro meio acontece quando o movimento do fluido ocorre como resultado somente das diferenças de massa específica causadas pelos gradientes de temperatura e o processo é denominado convecção forçada quando o escoamento do fluido é induzido por agentes externos, tal como uma bomba (SILVA, 2007).

A taxa de transferência de calor é dependente das propriedades termofísicas do produto, em substâncias heterogêneas, como alimentos em especial os produtos cárneos, os teores de umidade, gordura e a orientação das fibras são os principais fatores que influenciam nos valores destas propriedades (OLIVEIRA, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL DE RESFRIAMENTO NA UNIDADE INDUSTRIAL

Para realizar a análise do atual processo de resfriamento do presunto cozido dentro da unidade industrial, foi feito acompanhamento presencial do processo de produção do presunto cozido em uma unidade de abate e industrialização de carne suína localizada no oeste do estado de Santa Catarina por um período de aproximadamente 20 dias.

Foram observados e acompanhados os processos utilizados para o resfriamento do produto cozido. Teve-se acesso a informações com os operadores e consultado documentos que descrevem os processos. A partir do acompanhamento e informações obtidas junto ao setor de produção, fluxogramas e desenhos, as etapas do processo de resfriamento foram descritas de acordo com os equipamentos utilizados e suas características: material de construção e capacidade, a disposição destes equipamentos no processo, entre outros.

Na unidade industrial, as temperaturas do resfriamento do presunto cozido são registradas em documentos de controle de processo. Estes documentos contêm o horário de início e fim do resfriamento, tanto para o resfriamento em tanque de imersão quanto no resfriamento por aspensão de água gelada.

Destes documentos do processo foram retirados os dados de oito dias de produção, assim foi possível analisar o tempo de permanência em cada uma das duas formas de resfriamento atualmente utilizadas na indústria, e a temperatura média de saída do produto do resfriamento.

4.2 CONSTRUÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA DO PRESUNTO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO DO PROCESSO ATUAL

Para a construção dos perfis de temperatura do presunto e da água de resfriamento do processo atual, foi realizado acompanhamento dos dois diferentes processos de resfriamento do presunto cozido utilizados na indústria em estudo.

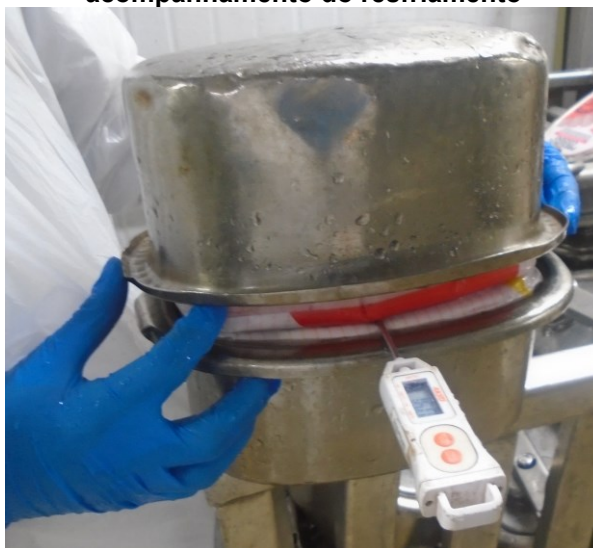
4.2.1 Construção do Perfil de Temperatura de Resfriamento para o Presunto Cozido

Para a construção do perfil de temperatura de resfriamento do presunto cozido foi realizado o acompanhamento da temperatura no processo industrial, utilizando-se um termômetro de bolso, tipo espeto, devidamente aferido pelo controle de qualidade da empresa.

Após o término do processo de cozimento do presunto, a aferição da temperatura foi feita desenformando duas peças de presunto cozido. A tomada de temperatura foi realizada em triplicata.

O termômetro tipo espeto foi colocado na superfície superior da primeira peça de presunto e a segunda é empilhada sobre a primeira, ficando o termômetro no meio e em contato com a superfície de ambas as peças, sem furar nenhuma das unidades de presunto. A Figura 2 apresenta o modo de verificação da temperatura das peças de presunto cozido no final do resfriamento. A estabilização da temperatura é aguardada por 3 minutos, então, se o resultado for igual ou menor que 8,0 °C o produto segue para desenformagem e embalagem secundária, caso contrário o resfriamento continua até atingir a temperatura. A coleta da temperatura de resfriamento do presunto cozido para a construção dos perfis de temperatura foi realizada aproximadamente a cada 20 minutos.

Figura 2 – Método de aferição da temperatura das peças de presunto cozido para acompanhamento do resfriamento



Fonte: Autoria própria (2021)

O tanque de resfriamento onde a aferição de temperatura foi realizada possui capacidade de armazenar duas gaiolas de produto.

Foram construídos perfis de temperatura para o resfriamento do processo atual em:

- resfriamento em tanque de imersão;
- resfriamento por aspersão de água gelada (corredor de ducha, sala de aspersão).

Para a construção dos perfis de temperatura fez-se o uso do software Excel.

4.2.2 Construção do Perfil de Temperatura da Água Utilizada no Resfriamento

Para a construção do perfil de temperatura da água utilizada no resfriamento foi utilizado um termômetro de bolso, tipo espeto, devidamente aferido pelo controle de qualidade da empresa. A aferição da temperatura foi realizada aproximadamente a cada 20 minutos. Foi realizado este acompanhamento tanto para o resfriamento em tanque de imersão quanto no resfriamento por aspersão de água gelada

Para a averiguação da temperatura da água do tanque de resfriamento a ponta do termômetro foi colocado cerca de 10 cm para dentro da água do tanque e aguarda-se a estabilização para assim realizar o registro da temperatura.

A temperatura da água aspergida no corredor de ducha é verificada colocando a ponta do termômetro na água aspergida por um aspersor de água na linha, aguarda-se a estabilização para assim registrar a temperatura. Para o registro da temperatura aspergida na sala de aspersão é observado em um painel digital, onde a temperatura da água é medida de forma automática.

4.3 SUGESTÃO DE FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO PARA O PRESUNTO COZIDO, UTILIZANDO AS CONDIÇÕES ATUAIS DE RESFRIAMENTO DISPONÍVEIS NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO

Depois do acompanhamento do processo industrial de resfriamento do presunto cozido pelos dois diferentes procedimentos adotados, dois fluxos alternativos foram sugeridos.

No fluxo alternativo 1, inicia-se o processo pela sala de aspersão de água gelada e termina o resfriamento nos tanques de imersão. Os tempos de permanência na sala de aspersão de água gelada testados foram de 113, 83 e 57 minutos, teste A, B e C, respectivamente.

No fluxo alternativo 2, inicia-se o resfriamento pelos tanques de imersão e o término acontece na sala de aspersão de água gelada. Foi definido um período de 50, 68 e 96 minutos, teste D, E e F, respectivamente para a permanência nos tanques de imersão.

4.4 CONSTRUÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA DO RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO PARA OS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO

Para construir os perfis de temperatura tanto para a água de resfriamento quanto para o presunto cozido nos fluxos de resfriamento sugeridos, ao todo seis peças de presunto foram escolhidas de forma aleatória após o término de cozimento, realizou-se a mensuração da temperatura da água usada no resfriamento e dos pares de presuntos.

Para o fluxo alternativo 1, as amostras foram colocadas na sala de aspersão de água gelada e cada par de presunto permaneceu o tempo estipulado, após, as amostras foram transferidas para os tanques de imersão, onde finalizaram o processo de resfriamento, com o acompanhamento da aferição da temperatura.

Para o fluxo alternativo 2, as amostras foram alocadas no tanque de resfriamento de capacidade de duas gaiolas e cada par de presunto permaneceu o tempo estipulado, após, as amostras foram alocadas sobre um suporte e colocadas na sala de aspersão, para deste modo realizar o acompanhamento da sequência de resfriamento.

Em ambos os testes a coleta da temperatura foi realizada aproximadamente a cada 20 minutos.

Para a construção dos perfis de temperatura dos fluxos alternativos de resfriamento fez-se o uso do software Excel.

4.5 COMPARAR OS PERFIS DE TEMPERATURA ATUAL COM OS FLUXOS SUGERIDOS PARA RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO

Para comparar os perfis de temperatura do atual fluxo, com os perfis dos fluxos sugeridos para resfriamento do presunto cozido, foi utilizado o critério tempo de resfriamento e temperatura final com variáveis de importância.

Foram formatados todos os dados de monitoramento arquivados nos documentos de controle de processo e os dados obtidos pelo acompanhamento presencial. Foi realizado uma comparação do tempo e das condições de resfriamento testados, para deste modo sugerir uma otimização de resfriamento do presunto cozido na unidade industrial de estudo.

4.6 CONCLUSÃO SOBRE O FLUXO DE OTIMIZAÇÃO

Para concluir sobre o melhor fluxo de resfriamento para o presunto cozido dentro das condições de resfriamento que a empresa atualmente oferece foi comparado o processo atual com o fluxo 1 e 2 sugeridos de otimização. O tempo foi a variável de interesse.

4.7 SUGESTÃO DE ALTERNATIVAS DE RESFRIAMENTO PARA O PRODUTO PRESUNTO COZIDO

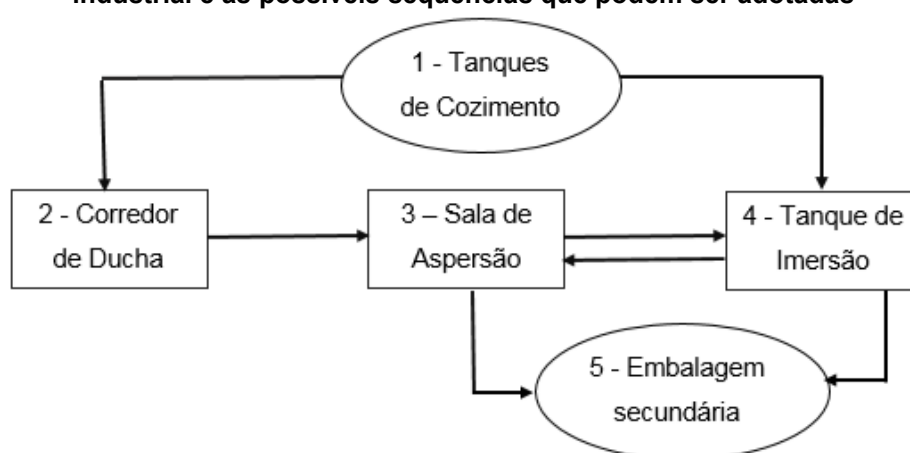
Com o propósito de sugerir outros meios que possam acelerar o processo de resfriamento do presunto cozido foi feito uma pesquisa bibliográfica na literatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DO ATUAL PROCESSO DE RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO

No atual processo industrial o resfriamento do presunto cozido acontece de duas maneiras distintas: 1) São usados tanques de resfriamento por imersão, e 2) resfriamento por aspersão de água gelada. A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo atual de resfriamento do presunto cozido, assim como outras possíveis seqüências de resfriamento na unidade industrial.

Figura 3 - Fluxograma do atual processo de resfriamento do presunto cozido da unidade industrial e as possíveis seqüências que podem ser adotadas



Fonte: Autoria própria (2021)

Na primeira seqüência de resfriamento adotada pela empresa, após o término do cozimento em tanques de imersão (passo 1), o presunto cozido segue para o corredor de ducha (passo 2), em seguida para a sala de aspersão de água gelada (passo 3) até atingir temperatura de 8,0 °C.

Na segunda seqüência de resfriamento, o presunto é cozido e segue direto para o resfriamento nos tanques de imersão (passo 4).

Após atingir a temperatura mínima de 8,0 °C seguem para a desenformagem e embalagem secundária (passo 5).

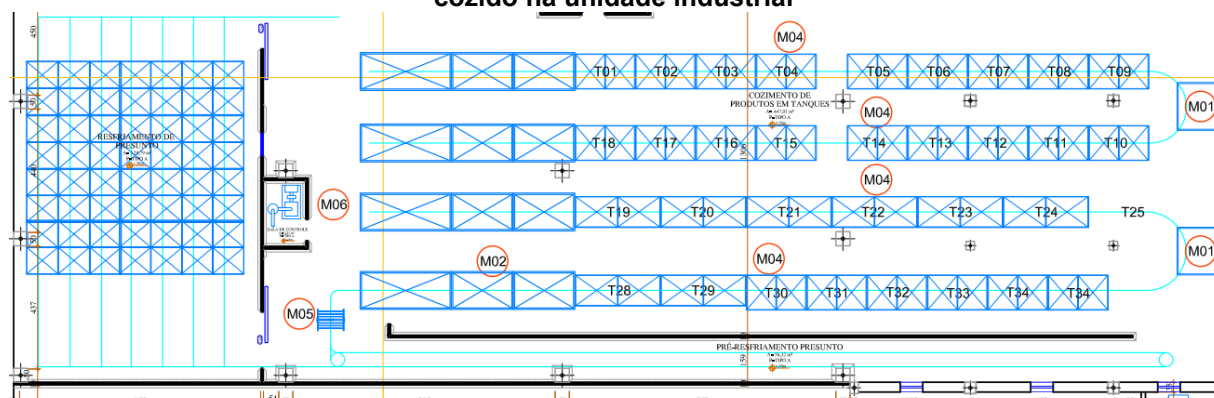
No resfriamento em tanques de imersão de fluxo contínuo, são usados 12 tanques, divididos em 4 carreiras, sendo que há 4 tanques com capacidade de alocar 3 gaiolas e 8 tanques com capacidade de alocar duas gaiolas, cada gaiola

armazena 68 peças de presuntos, totalizando 252 kg por gaiola, as medidas das gaiolas são: 90 cm de altura e 95 cm cada lado da base.

No resfriamento por aspersão, a sala comporta 140 gaiolas, são 7 fileiras e as gaiolas de presunto podem ser alocados em duplas, onde uma gaiola fica sobre a outra. Os bicos aspersores de água gelada estão localizados na parte superior da sala, em cada fileira há duas linhas de aspersão, e nas duas carreiras laterais há três carreiras de bicos aspersores. Em cada linha há aproximadamente 45 bicos aspersores.

A Figura 4 apresenta um layout da disposição do processo de cozimento, pré-resfriamento (corredor de ducha) e resfriamento (sala de aspersão e tanques de imersão) do produto presunto cozido na unidade industrial analisada.

Figura 4 - Layout do atual processo de cozimento, pré-resfriamento e resfriamento do presunto cozido na unidade industrial



Fonte: Autoria própria (2021)

O corredor de duchas onde ocorre o pré-resfriamento possui 5 linhas de aspersores de água gelada. Em duas linhas dos bicos aspersores, a água é direcionada na parte superior das gaiolas e as outras 3 linhas na lateral das gaiolas. O tempo de permanência no corredor de ducha é variável, é dependente do tempo de transferência do final do corredor de ducha para a sala de aspersão (transferência de nórea). As gaiolas permaneceram no corredor de ducha 17 minutos e entre a primeira tomada de temperatura e a entrada no corredor, 18 minutos se passaram, tempo este necessário para os operadores retirarem as gaiolas do tanque de cozimento e alocar na nórea do pré resfriamento por meio de talhas.

A sala de aspersão de água possui 129,4 m² (8,8 m x 14,7 m). O local com os 34 tanques de cozimento e os 12 tanques de resfriamento possuem área total de de 454,0 m² (34,9 m x 13,0 m). O corredor de pré-resfriamento tem largura de 1,7 m e

extensão de 26,5 m, totalizando uma área de 45,0 m². A água gelada aspergida na sala, troca calor com o presunto e segue para o chão onde através de canalizações segue para dois tanques de armazenamento onde posteriormente passam por dois trocadores de calor para retornar nos bicos aspersores fechando deste modo o ciclo. A temperatura que a água sai do trocador é dependente da temperatura de entrada, consequência de quantas gaiolas e o tempo de permanência das gaiolas na sala de aspersão.

5.1.1 Dados do Resfriamento do Presunto Cozido em Tanques de Imersão

A Tabela 1, descreve a média de tempo de resfriamento e da temperatura final do produto presunto cozido, antes da desenformagem, nos 9 tanques usados para o resfriamento do presunto cozido de 3,7 kg. Os dados analisados foram os 8 primeiros dias do mês de setembro de 2020.

Tabela 1 - Monitoramento do Resfriamento em Tanques realizado pelos operadores de produção

Tanque	Tempo Médio de Resfriamento (h)	Média da Temperatura Final (°C)
1	02:47	5,6
2	02:54	5,5
3	03:09	5,3
4	02:11	5,5
5	02:35	6,8
6	02:01	5,5
10	04:00	7,6
11	03:55	7,2
12	03:50	7,1
Média Geral	03:02	6,2

Fonte: Autoria própria (2021)

Pode-se observar a partir dos dados obtidos das planilhas de monitoramento que é desconhecido saber o momento em que o presunto atinge a temperatura de 8,0 °C (temperatura mínima usada na unidade para a desenformagem), pois é registrado em planilhas somente a temperatura que as peças saem para a desenformagem.

Dos dados das planilhas de monitoramento, o resfriamento mais eficiente em tanque de imersão foi de duas horas e 1 minuto, tanque 6, atingindo a temperatura

de 5,5 °C. O tempo mais longo de resfriamento foi no tanque 10, sendo de 4 horas com temperatura de saída para a embalagem secundária de 7,6 °C.

5.1.2 Dados do Resfriamento do Presunto Cozido na Sala de Aspersão de Água Gelada

A Tabela 2, descreve a média de tempo de resfriamento e da temperatura final do produto presunto cozido, antes da desenformagem, nos 7 trilhos usados para o resfriamento do presunto cozido de 3,7 kg. Os dados analisados foram os 8 primeiros dias do mês de setembro de 2020.

Tabela 2 - Monitoramento do Resfriamento na sala de aspersão realizado pelos operadores de produção

Trilho	Tempo Médio de Resfriamento (h)	Média da Temperatura Final (°C)
1	09:06	6,4
2	06:19	6,6
3	08:32	6,4
4	09:23	6,3
5	07:19	6,8
6	05:20	6,2
7	07:23	6,3
Média Geral	07:37	6,4

Fonte: Autoria própria (2021)

O maior tempo de permanência das gaiolas de presunto na sala de aspersão de água gelada foi no 4° trilho, totalizando um tempo de 9 horas e 23 minutos de resfriamento com uma saída de temperatura para a desenformagem de 6,3 °C. No trilho de número 6, foi o menor tempo de permanência das gaiolas em resfriamento, totalizando 5 horas e 20 minutos, a temperatura de saída foi de 6,2 °C, sendo também abaixo da média da temperatura de saída para a embalagem secundária dos 8 dias da análise.

Os dados obtidos do resfriamento na sala de aspersão não levam em consideração a temperatura da água que estava sendo aspergida sobre as gaiolas e nem é de conhecimento a quantidade de gaiolas que estavam na sala.

Analisando os dois processos de resfriamento no qual o presunto cozido é submetido no atual processo pode-se verificar que o resfriamento em tanque de imersão é 60,2% mais rápido quando comparado ao resfriamento em sala de

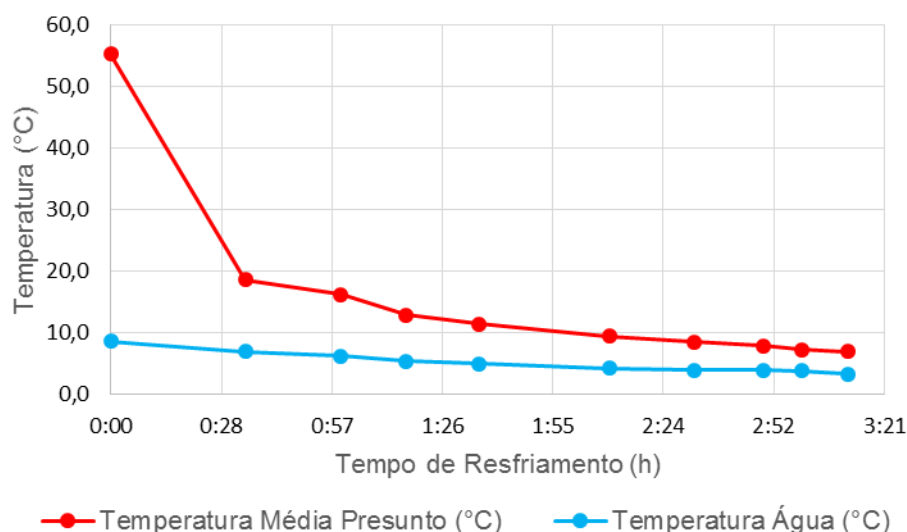
aspersão de água.

Dos dados obtidos da planilha de monitoramento do processo de resfriamento atual, não houve a combinação de resfriamento, iniciando na sala de aspersão de água gelada e com término em tanque de imersão.

5.2 ANÁLISE DOS ATUAIS PERFIS DE TEMPERATURA DO ACOMPANHAMENTO DO RESFRIAMENTO DE PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO UTILIZADA

A Figura 5 apresenta os dados experimentais de acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido em tanques de imersão.

Figura 5 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento atual do presunto cozido em tanques de imersão na unidade industrial



Fonte: Autoria própria (2021)

O tempo total de resfriamento em tanques de imersão acompanhado foi de 3 horas e 12 minutos, e neste espaço de tempo foram realizadas 10 tomadas de temperatura.

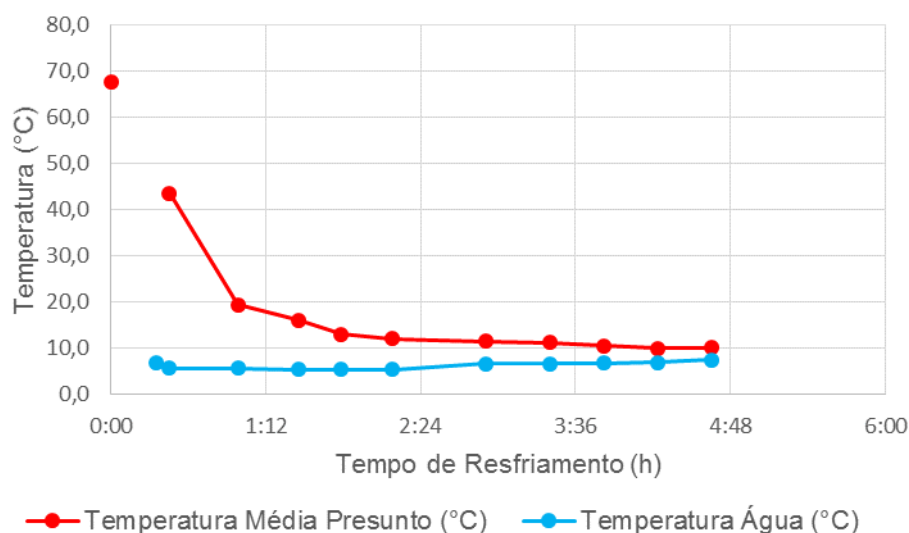
As temperaturas finais de presunto alcançadas durante o tempo acompanhado do resfriamento foram de: 7,0, 7,2 e 6,9 °C para a triplicata do teste, originando uma média aritmética de 7,0 °C. A temperatura da água do tanque de imersão no início do resfriamento estava em 8,7 °C e no decorrer do resfriamento a temperatura teve um leve e constante decaimento, na última tomada de temperatura a água estava em 3,4 °C.

A temperatura de 8,0 °C foi atingida com duas horas e 50 minutos de resfriamento, considerando a média da triplicata. Hall (2014), ao analisar o atual processo de resfriamento de presunto cozido de uma unidade industrial constatou que o resfriamento que utiliza tanques de imersão opera durante 7 horas para alcançar a temperatura de 8,0 °C em seu núcleo.

No resfriamento na sala de aspersão as gaiolas de presunto foram retiradas dos tanques de cozimento e os 3 pares de presunto estavam na temperatura de: 68,8 °C, 67,0 °C e 67,7 °C para a triplicata do teste. Após 21 minutos da primeira tomada de temperatura as gaiolas com os presuntos entraram no corredor de pré-resfriamento, a água estava sendo aspergida a uma temperatura de 7,0 °C. Passado 27 minutos da primeira tomada de temperatura, as 6 amostras de presunto foram alocadas sobre um suporte dentro da sala de aspersão, apresentando temperatura de 41,0 °C para um dos pares de presunto e 45,0 °C para os outros dois pares, a temperatura da água usada na aspersão estava em 5,7 °C no início do resfriamento.

A Figura 6 apresenta os dados experimentais de acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido em sala de aspersão de água gelada.

Figura 6 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento atual do presunto cozido em sala de aspersão de água gelada na unidade industrial



Fonte: Autoria própria (2021)

A temperatura mínima para os presuntos seguirem para a embalagem (8,0 °C) não foi atingida durante o tempo de estudo. A temperatura depois de 4 horas e 39 minutos de acompanhamento de resfriamento foi de 10,0 °C, 11,0 °C e 9,7 °C,

para a triplicata resultando em uma média de 10,2 °C. O total de resfriamento somente na sala de aspersão foi de 4 horas e 12 minutos.

No início do resfriamento a sala de aspersão de água apresentava ocupação de 71,4% e no final do resfriamento acompanhado, 85,7% da sala estava sendo ocupada. A temperatura da água diminuiu 0,3 °C em uma hora e 20 minutos iniciais do resfriamento, após decorrido esse tempo até o final do período analisado a temperatura foi aumentando de forma gradativa, terminando com 7,6 °C o resfriamento dentro do tempo de estudo, o aumento da temperatura da água foi ocasionado pelo fluxo de movimentação das gaiolas na sala.

5.3 ANÁLISE DOS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO PARA O PRESUNTO COZIDO, UTILIZANDO AS CONDIÇÕES ATUAIS DE RESFRIAMENTO DISPONÍVEIS NA UNIDADE DE PROCESSAMENTO

5.3.1 Resultados para o Fluxo Sugerido 1

A combinação de resfriamento iniciando pela sala de aspersão e terminando em tanque de imersão (passo 2, 3 e 4 da figura 3) já é realizada em raros momentos na unidade industrial, é feito quando a temperatura não é atingida em tempo hábil para a desenformagem e se há disponibilidade nos tanques. Deste modo, foram realizados testes com tempo definido na primeira etapa de resfriamento, 113, 83 e 57 minutos na sala de aspersão, tempo A, B e C, respectivamente, os tempos de permanência foram escolhidos durante o teste entre as tomadas de temperatura.

5.3.2 Resultados para o Fluxo Sugerido 2

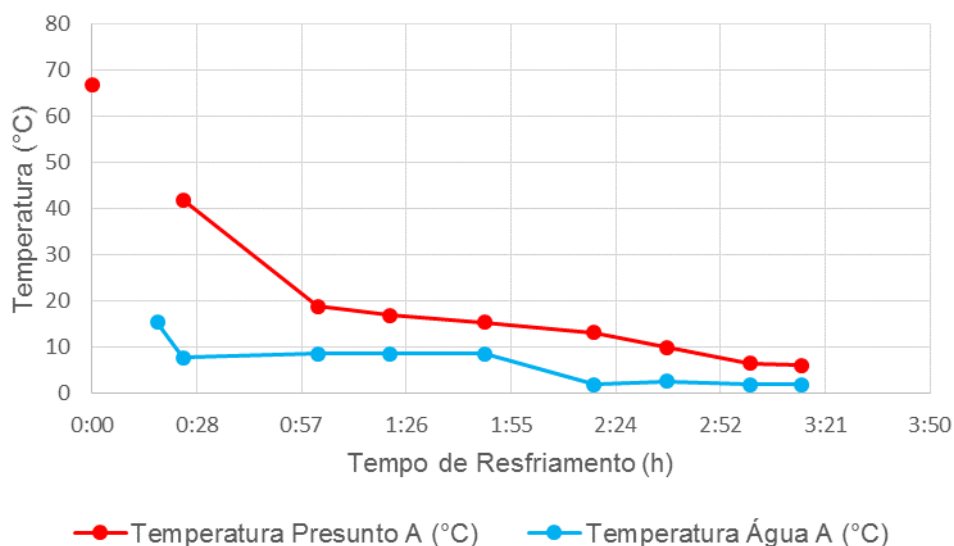
A combinação de resfriamento iniciando pelo tanque de imersão e terminando na sala de aspersão (passo 4, 3 da figura 3) foi testado com os tempos de permanência em tanque de: 50, 68 e 96 minutos, tempo D, E e F, respectivamente, os tempos de permanência foram escolhidos durante o teste entre as tomadas de temperatura.

5.4 ANÁLISE DOS PERFIS DE TEMPERATURA DO RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO E DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO PARA OS FLUXOS ALTERNATIVOS DE RESFRIAMENTO

5.4.1 Resultados para o Perfil de Temperatura, Fluxo 1

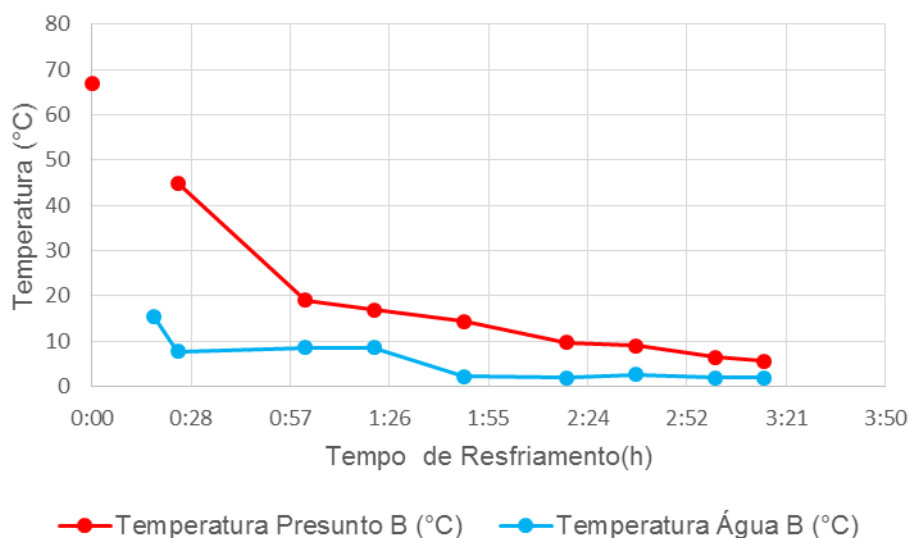
As Figuras 7, 8 e 9 apresenta os dados experimentais do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão com término em taque de imersão, com os três tempos de permanência em sala testados A, B e C.

Figura 7 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo A



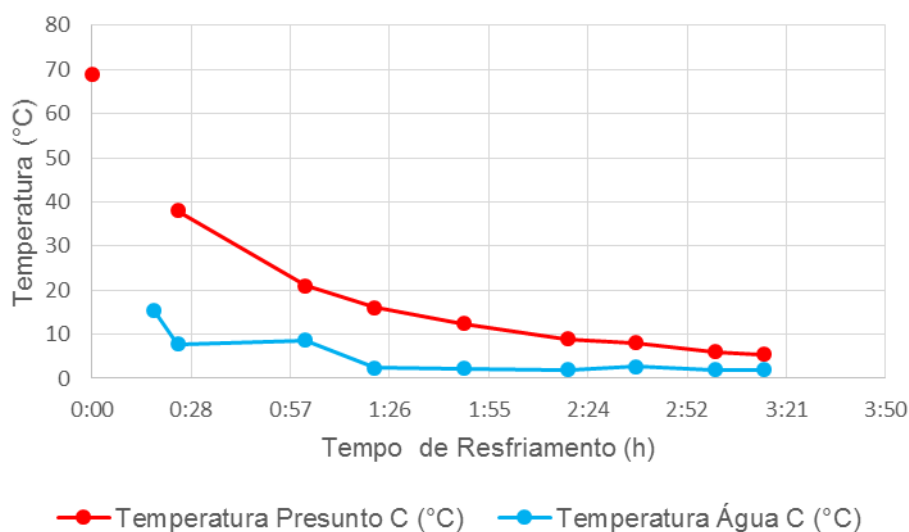
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo B



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação sala de aspersão – taque de imersão, tempo C



Fonte: Autoria própria (2021)

Durante a passagem das gaiolas no corredor de pré-resfriamento a temperatura da água nos aspersores estava em 15,4 °C.

O par dos presuntos do tempo A diminuíram a temperatura em 25,0 °C após terminar a passagem pelo corredor de ducha, para o tempo estipulado B, 22,0 °C e do par C diminuiu a temperatura em 31,0 °C.

O tempo total de resfriamento da combinação acompanhado no estudo foi 03:15 horas de resfriamento, a temperatura final dos presuntos estava em 6,1 °C,

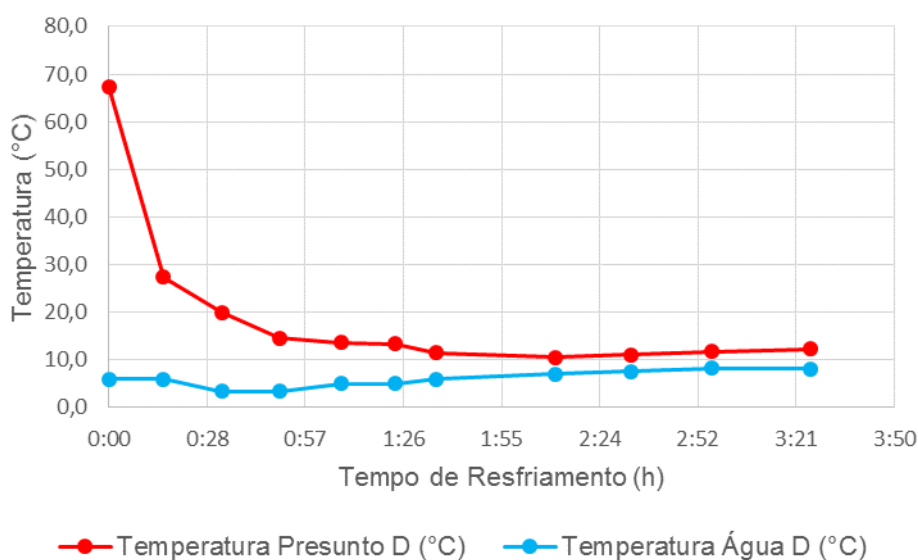
5,6 °C e 5,4 °C para os tempos A, B e C, respectivamente. A temperatura de 8,0 °C (temperatura mínima para embalagem secundária) para o tempo C foi atingida com duas horas e 38 minutos de resfriamento (57 minutos na sala de aspersão). Para os tempos A e B a temperatura exata de 8,0 °C não foi medida, mas usando ajuste de curva foi possível estimar o momento de atingimento dessa temperatura, para o par A (113 minutos na sala de aspersão), com duas horas e 52 minutos, para o par B (83 minutos na sala de aspersão) com duas horas e 40 minutos os presuntos já poderiam seguir para a embalagem secundária.

5.4.2 Resultados para o Perfil de Temperatura, Fluxo 2

Assim que os presuntos do teste terminaram o tempo de permanência estipulado nos tanques de imersão foram colocados sobre um suporte na sala de aspersão, e esta estava com aproximadamente 57,1% de ocupação, e no decorrer do resfriamento, o fluxo de entrada de gaiolas aumentou, no final do resfriamento a sala estava com 100% dos trilhos ocupados.

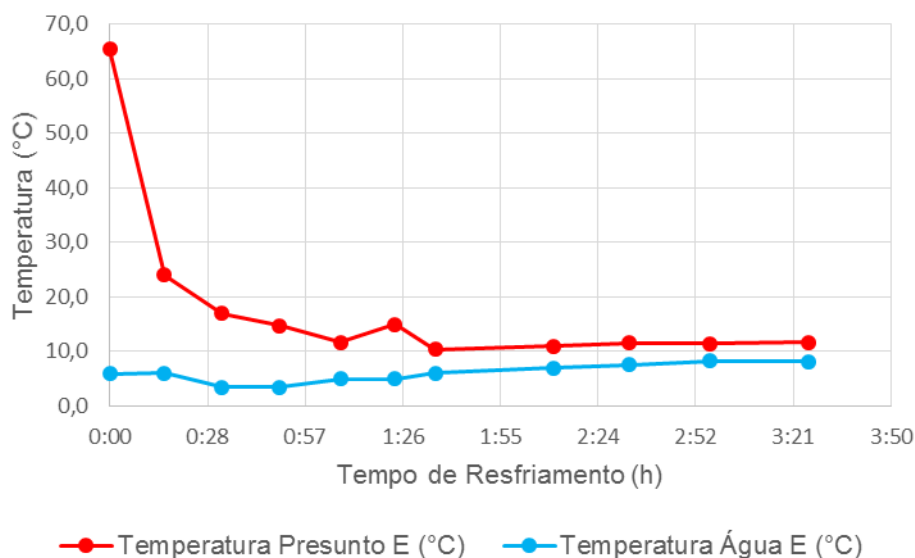
As Figuras 10, 11 e 12 apresenta os dados experimentais do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação tanque de imersão seguido para a sala de aspersão de água gelada, para os tempos D, E e F de permanência em tanque.

Figura 10 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo D



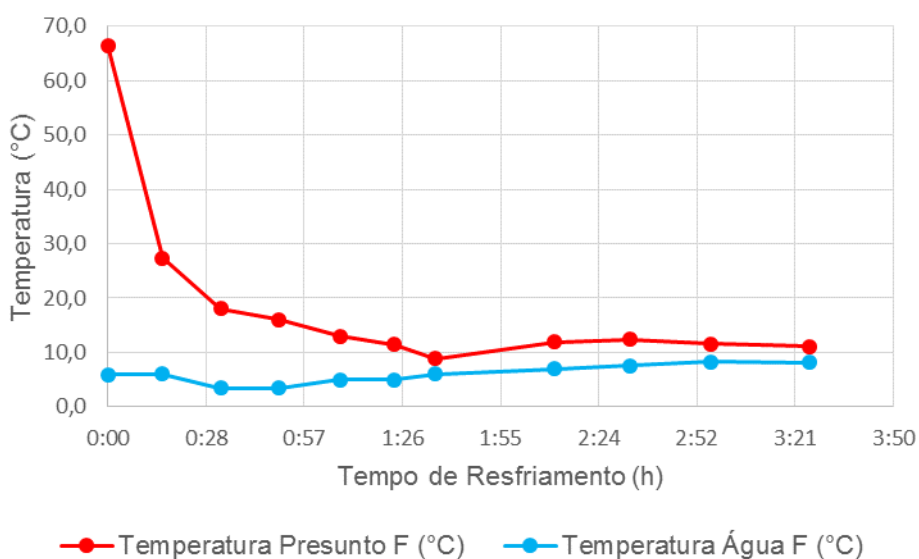
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 11 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo E



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 12 - Perfil de temperatura do acompanhamento do processo de resfriamento do presunto cozido da combinação taque de imersão – sala de aspersão, tempo F



Fonte: Autoria própria (2021)

Os presuntos do teste D e E ao iniciarem o resfriamento em sala de aspersão apresentaram a temperatura de 14,6 °C e 11,7 °C respectivamente, e a temperatura da água usada na aspersão estava em 5,0 °C, no teste F os presuntos estavam com a temperatura de 8,9 °C e da água 6,0 °C. Nota-se nos perfis de temperatura da água de resfriamento na sala de aspersão (Figura 10, 11 e 12) que a temperatura vai subindo gradativamente e no término do teste a água estava sendo aspergida a 8,1 °C, isso aconteceu, pois mais gaiolas foram sendo alocadas na sala

durante a realização do estudo, deste modo, os trocadores de calor não foram capazes de resfriar a água a uma temperatura mais baixa.

Como observado nos perfis de temperatura dos 3 testes, a temperatura mínima para os presuntos seguirem para a embalagem secundária (8,0 °C) não foi atingida, no teste D temperatura final foi de 12,3 °C, e para o teste E e F foram 11,7 e 11,1 °C, respectivamente. Os presuntos ao serem colocados na sala de aspersão, houve uma certa estabilidade da temperatura, no teste D ao entrar na sala até o término do acompanhamento do teste a temperatura diminuiu 2,3 °C, para o teste E, a temperatura foi mantida em 11,7 °C e no teste F a temperatura subiu 2,2 °C.

Não foi possível deixar mais tempo os presuntos na sala de aspersão devido ao horário disponível para realização dos testes, deste modo, o acompanhamento da sugestão de resfriamento foi de 3 horas e 26 minutos. Não é possível determinar de forma aproximada o momento que a temperatura os presuntos iriam alcançar a temperatura de 8,0 °C, pois a temperatura da água estava superior que o mínimo para o presunto poder seguir para a desenformagem, seria necessário que as gaiolas alocadas na sala fossem retiradas, para assim aumentar a troca térmica dos trocadores de calor usados para resfriar a água ou ainda aguardar mais tempo para o decaimento da temperatura dos presuntos.

5.5 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS DE TEMPERATURA ATUAL COM O DO FLUXO SUGERIDO PARA RESFRIAMENTO DO PRESUNTO COZIDO

Com todos os perfis de temperaturas possíveis analisados no presente estudo é possível realizar a construção da Tabela 3, nesta está descrito os meios de resfriamento de presunto testados no presente estudo e das planilhas de produção da unidade industrial com seus respectivos tempos para atingir a temperatura de 8,0 °C e a temperatura final do acompanhamento no estudo.

Tabela 3 - Trajetórias e o tempo de resfriamento dos presuntos

Trajetória do Resfriamento	Tempo de resfriamento para atingir 8,0°C (min)	Temperatura (°C) e tempo de resfriamento (min) específico
Tanque de Imersão (Planilha)	*	6,2 °C - 182 minutos
Tanque de Imersão (Teste)	170	7,0 °C - 192 minutos
Sala de Aspersão (Planilha)	*	6,4 °C - 457 minutos
Sala de Aspersão (Teste)	*	10,2 °C - 279 minutos
FLUXO 1		
Sala - Tanque (Tempo A, 113 minutos)	172	6,1 °C - 195 minutos
Sala - Tanque (Tempo B, 83 minutos)	160	5,6 °C - 195 minutos
Sala - Tanque (Tempo C, 57 minutos)	158	5,4 °C - 195 minutos
FLUXO 2		
Tanque - Sala (Tempo D, 50 minutos)	*	12,3 °C - 206 minutos
Tanque - Sala (Tempo E, 68 minutos)	*	11,7 °C - 206 minutos
Tanque - Sala (Tempo F, 96 minutos)	*	11,1 °C - 206 minutos

Fonte: Autoria própria (2021)

A combinação de resfriamento, corredor de ducha, seguindo para a sala de aspersão com término em tanque de imersão, com o tempo de permanência de 57 minutos na sala de aspersão foi o mais eficiente, ou seja, com um tempo total de 158 minutos os presuntos poderiam seguir para a etapa de desenformagem. As condições de temperatura para cada combinação de resfriamento testada foram as mesmas, porém a temperatura da água de resfriamento somente em tanque variou 5,3 °C (8,7 °C à 3,4 °C), já a combinação de resfriamento em sala de aspersão – Tanque de imersão teve uma variação de apenas 0,7 °C tendo o pico máximo de 2,7 °C, uma vez que a quantidade de produtos da presuntaria em resfriamento variam a cada dia, deste modo, alterando a temperatura da água que sai dos trocadores de calor.

Analisando a temperatura final da combinação de resfriamento tanque de imersão seguindo para a sala de aspersão pode-se inferir que o tempo de permanência de 96 minutos em tanque seria o mais eficiente para essa combinação, uma vez que a temperatura no final do acompanhamento estava a mais próxima de 8,0 °C quando comparada as outras combinações (50 e 68 minutos de permanência em tanque).

Realizando uma comparação com o resfriamento somente em tanque de imersão com a combinação sala de aspersão seguindo para o tanque não há tanta diferença no tempo de resfriamento, uma vez que a diferença entre os tempos é de no máximo 14 minutos, porém aproveitando dos recursos disponíveis de

resfriamento na unidade industrial a combinação de resfriamento (57 minutos em sala de aspersão) se torna a mais adequada.

5.6 ALTERNATIVAS QUE POSSAM ACELERAR O PROCESSO DE RESFRIAMENTO DOS PRESUNTOS COZIDOS

Segundo MITCHEL *et al* (1973), de maneira geral, um sistema de circulação de ar forçado resfria de 1/4 a 1/10 em relação a câmaras convencionais, porém é de duas a três vezes mais lento que o resfriamento com água gelada. TERUEL, *et al* (2003), realizou uma comparação do resfriamento de laranja com ar forçado e com água, um sistema de ar forçado foi montado em uma câmara de resfriamento, um ventilador succiona o ar refrigerado que sai do evaporador e o ar refrigerado é forçado a passar pelo produto e para o resfriamento com água gelada por imersão, a conclusão que os autores chegaram é que o sistema de resfriamento com água é até 3 vezes maior que o resfriamento com ar forçado. O coeficiente de transferência de calor com água, atingiu valores até seis vezes maiores que no resfriamento com ar, fator relacionado com a capacidade de transmissão de calor, a qual é muito maior para a água que para o ar.

A transferência convectiva de calor pode aumentar a medida do aumento da velocidade do meio de resfriamento, como consequência provoca uma maior redução da superfície dos produtos, acelerando consequentemente a redução da temperatura no centro dos produtos, o efeito da velocidade do meio de resfriamento na diminuição do tempo torna-se cada vez menor na medida que aumenta essa velocidade (SILVA, 2007).

Silva (2007) estudou a comparação dos sistemas de refrigeração: sem agitação de água, com recirculação de água do tanque e com recirculação de água junto com incorporação de ar do próprio ambiente, o último propicia melhores resultados quanto ao processo de troca térmica. O incremento da movimentação da água proporciona o aumento do coeficiente convectivo de transferência de calor, ou seja, provoca a redução da resistência convectiva à transferência de calor.

A proposta de Hall (2014) para o resfriamento de presunto consiste em uma cabine de exaustão com ar forçado para o pré-resfriamento, o escoamento do ar ocorre em regime turbulento. Nos resultados obtidos a temperatura do presunto foi de 68,0 °C para 36,25 °C em um período de 2,33 horas, com velocidade de ar de 4,2

m/s.

Realizado a busca na literatura e realizando suposições chega-se a algumas alternativas que poderiam acelerar o processo de resfriamento dos presuntos cozidos:

1 - Instalação de agitadores de água nos tanques de resfriamento por imersão, essa agitação da água poderia ser realizada por alguma canalização de ar comprimido.

2 – Instalação de ventiladores na sala de aspensão de água gelada, como meio de ar forçado em regime turbulento.

Como a sala é isolada termicamente por placas de isolamento, é importante que as duas portas da sala (entrada e saída de gaiolas) permaneçam fechadas quando não estiverem em uso, deste modo a eficiência do resfriamento seria maximizada.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e com a disponibilidade dos meios de resfriamento, afirma-se que, nas condições do presente estudo, realizar o processo de resfriamento do presunto cozido usando a combinação de sala de aspersão (57 minutos) seguido para os tanques de imersão, fluxo 1, seria o processo mais eficiente na rapidez de resfriamento e podendo ser viável a aplicação na unidade industrial, porém deve-se levar em consideração o tempo que seria necessário para transferir da sala de aspersão para o tanque, uma vez que na realização dos testes foi feito com algumas unidades e não com as gaiolas de presunto sendo transferidas pela nórea.

A combinação de resfriamento tanque seguido para a sala de aspersão, fluxo 2, não se torna viável para resfriamento do presunto cozido, uma vez que a temperatura dos presuntos subiram quando acondicionados na sala de aspersão, devido aos trocadores de calor não serem capazes de resfriar a água em uma temperatura mais baixa, devido ao alto fluxo de gaiolas na sala.

Como sugestão para acelerar o processo de resfriamento seria a realização de um estudo de viabilidade de instalação de agitadores de água nos tanques de imersão e instalação de ventiladores na sala de aspersão, ocasionando uma ventilação forçada juntamente com a aspersão de água gelada.

Realizado esse estudo no processo e com as sugestões de resfriamento o processo poderia ser maximizado, trazendo retorno financeiro e fazendo uso das condições existentes na unidade, além de garantir a qualidade do presunto quanto a aspectos nutricionais, microbiológicos, tecnológicos e funcionais.

REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Gráfico dos Setores, Suínos, 2021. Disponível em: <<https://abpa-br.org/mercados/>> Acesso em: 25 jun. 2021.

ALVARADO, C. Preparação da carne para fabricação de produtos de músculo inteiro enformados. **Carnetec Brasil**. 2018.

BARBA, C.; SANTA-MARIA, G.; CALVO, M. M. Analysis of irradiated cooked ham by direct introduction into the programmable temperature vaporizer of a multidimensional gas chromatography system. **Food Chemistry**, v.139, p.241-245, 2013

BENET, L.; GUARDIA, M.D.; IBAÑEZ, C.; SOLÀ, J.; ARNAU, J.; ROURA, E. Low intramuscular fat (but high in PUFA) content in cooked cured pork ham decreased Maillard reaction volatiles and pleasing aroma attributes. **Food Chemistry**, v.196, p.76-82, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ diretoria Colegiada. Instrução Normativa Nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2019.

BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O. **Tecnologia de carnes e pescados**. Lavras: FAEPE, 2001.

BOMBRUN, L.; GATELLIER, P.; CARLIER, M.; KONDJAYAN, A. The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semimembranosus muscle following tumbling and cooking. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 5–13, 2014

CEPEDA, J. F.; WELLER, C.L.; THIPPAREDDI, H.; NEGAHBAN, M.; SUBBIAH, J. . Modeling cooling of ready-to-eat meats by 3D finite element analysis: Validation in meat processing facilities. **Journal of Food Engineering**, v. 116, p. 450-461, 2013.

GALINA, E. P. **Desenvolvimento de presunto cozido com redução de sódio**. 2014. 99 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Erechim, Erechim, 2014.

HALL, R. M. ESTUDO DE CASO: **Ampliação da Capacidade de Refrigeração na Produção de Presunto em uma Unidade Industrial**. 2014. 65 p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade tecnológica Federal do Paraná, Medianeira,

2014.

JABAAY, R. Técnicas de Fabricação. **Carnetec Brasil**. 2013.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisas de Orçamentos Familiares: **Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**, 2017-2018. Rio de Janeiro, 2020.

MCDONALD, K.; SUN, D. W.; KENNY, T. Comparison of the quality of cooked beef products cooled by vacuum cooling and by conventional cooling. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, v. 33, 21-29, 2000.

MITCHELL, G. Cooling horticultural commodities need for cooling. In: Post harvest technology of horticultural crops. Kader, A. A. (ed.) California. University of California, 1992.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre: Artmed; 2005.

OLIVEIRA, G. P. **Modelagem matemática do processo de resfriamento de presunto**. 2016. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2016.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. v.2. Goiânia: UFMG, 1996.

SILVA, R. R. **Estudo da transferência de calor em tanque submerso: influências do modo e da intensidade da agitação da água**. 2007. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de Carnes**. São Leopoldo: Unisinos, 1998.

TERUEL, B.; CORTEZ, L.; NEVES FILHO, L. Estudo comparativo do resfriamento de laranja valência com ar forçado e com água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p. 174-178, 2003.

TOMOVIC, V. M.; JOKANOVIC, M. R.; PETROVIC, L. S.; TOMOVIC, M. S.; TASIC, T. A.; IKONIC, P. M.; SUMIC, Z. M.; SOJIC, B.; SKALJAC, S. B.; SOSO, M. M. Sensory, physical and chemical characteristics of cooked ham manufactured from rapidly chilled and earlier deboned M. semimembranosus. **Meat Science**, v. 93, p.46– 52, 2013.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Ham: Cooked Ham. **Encyclopedia of Food and Health**, p.303- 306, 2016.

USDA- FSIS. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. 2021. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf> acesso em: 25 jul. 2021.

VÁLKOVÁ, V.; SALÁKOVÁ, A.; BUCHTOVÁ, H.; TREMLOVÁ, B. Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham. **Meat Science**, v.77, p.608-615, 2007.

WANG, L.; SUN, D.W. Evaluation of performance of slow air, air blast and water immersion cooling methods in the cooked meat industry by the finite element method. **Journal of Food Engineering**, v. 51, p. 329-340. 2002.

ZHANG, Z.; DRUMMOND, L.; SUN, D.W. Vacuum cooling in bulk of beef pieces of different sizes and shape – Evaluation and comparison to conventional cooling methods. **Journal of Food Engineering**, v.116, p.581-587, 2013.