

論 文 要 旨

学位論文題目 加熱可能な野菜ゲルの調製と調理性に関する研究

氏 名 平野聡美

通常ゲルは加熱せず常温以下で食べるものである。それに対し、本研究では、通常の加熱調理に用いる食材として、野菜のピューレを耐熱性ゲル化剤で成形した野菜の再構成品を"野菜ゲル"と定義する。実際の野菜に近いかたさで調味液中で加熱調理可能な"野菜ゲル"の開発およびその調理加工における有用性を示すことを本研究の目的とした。野菜としてニンジンを用い、耐熱性ゲル化剤はカードランとジェランガムを用いた。

まず、野菜ゲルの調製条件を決定するために、ニンジンピューレ、ニンジン搾り液、RO水、カードランまたはジェランガムの濃度について検討した。ジェランガムを用いた野菜ゲルの場合はゲル形成にカルシウムイオンの添加が必要なため、乳酸カルシウムの濃度についても検討した。野菜ゲルの組成は、適度なニンジンのかたさから介護食を想定したかたさ ($0.5 \times 10^5 \sim 2.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) を可食範囲とし、かつ高濃度のゲル化剤に起因する粒子感が少ないものを選択した。カードランを用いた野菜ゲルの場合、野菜ゲルの組成はカードラン 6%、ニンジンピューレ 50%、ニンジン搾り液 44% が最適であった。次に、ジェランガムおよび乳酸カルシウムを用いて同じピューレ濃度で野菜ゲルを調製した場合は、ジェランガム濃度 2% 以下、乳酸カルシウム 0.6% が最適であった。これらの野菜ゲルにおいて、ジェランガムはカードランより使用濃度が低く、高い濃度のゲル化剤による口中での粒子感が軽減された。以上の結果から、野菜ゲルの組成は、ゲル化剤をジェランガム 1-2% とし、乳酸カルシウム 0.6%、ニンジンピューレ 50%、RO水 10%、ニンジン搾り液 37.4~38.4% からなる組成を最適とした。

次に、野菜ゲルの調味液中での加熱に伴う変化を明らかにした。まず、種々の濃度の NaCl 水溶液中での加熱に伴う野菜ゲルの変化を明らかにした。直径 1.6 cm、高さ 1.5 cm の円柱状 1、2% ジェランガム野菜ゲルを 0.5~4% NaCl、および NaCl 濃度 0.79% 相当のコンソメスープ中にて、30~90 分間 90°C および沸騰加熱した。その結果、沸騰した 0.5% NaCl で加熱すると大きく煮崩れたが、食塩濃度が高いほど崩れが減少し、また 90°C ではいずれの調味液中でも 90 分間加熱しても崩れはわずかであった。通常の調理で用いる調味液の食塩濃度に相当する 1% NaCl 中では、0.5 時間沸騰加熱の場合はいずれのゲルもゲルの角がわずかに取れる程度の煮崩れであり、かたさも加熱前の 75% が保持された。一方 90 分間加熱後はゲルの角が崩れ丸みを帯びた外観となり、高さが 10~20% 減少した。野菜ゲルに用いたジェランガムはカルシウムイオンがジェランガムのカルボキシ基にイオン性の結合をし、ジェランガム分子を架橋することでゲルを形成している。このゲルは、ナトリウムイオンを含む調味液中で加熱した場合、調味液中のナトリウムイオンとゲル中のカルシウムイオンとの間でイオン交換が起こり、ゲル強度が低下する一方で、多量のナトリウムイオンによるジェランガム分子間の反発力低下に伴うゲルの強化の両方が起きると考えられた。

上記の現象の機構を明らかにするため、1、2%ジェランガム野菜ゲルおよびニンジンを含まない1、2%ジェランガムゲルを調製し、RO水、0.5~2% NaCl、食酢液(pH 2.7)、7%醤油溶液(NaCl 1%相当、pH 5.0)中で加熱し、加熱前後のゲルのかたさ、重量、加熱に伴いゲルから液中に溶出したカルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウムイオンの溶出量、加熱液のpHを測定した。加熱時間は10~30分とし、加熱温度は、実際的な加熱に近い95°Cでの加熱を検討した。

その結果、野菜ゲルのカルシウムイオンの溶出については、0.5~2% NaClでは液中のNaCl濃度が高いほどカルシウムイオンの溶出が促進され、重量やかたさの減少は抑制された。また、野菜ゲルは1%以上のNaClを含む調味液であればナトリウムイオンによるジェランガムゲル強化が表れやすいことが示された。加熱温度による影響について考えると、95°C加熱ではいずれの加熱液においてもカルシウムイオンの溶出量が沸騰加熱に比べ減少し、煮崩れも減少した。このことから、95°C加熱では液中ナトリウムイオンとカルシウムイオンの交換反応が沸騰加熱に比べ減少し、煮崩れが減少することが示唆された。食酢液、醤油溶液では低いpHによるカルシウムイオン溶出量の促進はわずかで、ゲルのかたさは30分沸騰加熱後においても加熱前の90%以上が保持された。ジェランガムは、pHが低下した場合は、ジェランガムの解離型のカルボキシ基にイオン性の結合をしたカルシウムイオンの溶出が促進されるとともに、非解離型となったカルボキシ基同士が水素結合を形成するため、ゲルの強化を促進すると考えられている。本研究においては、醤油や食酢を含む低いpHの調味液での加熱により、野菜ゲル中のカルシウムイオンの溶出の促進はみられなかったが、低いpHおよび調味料に含まれる金属イオンによりゲルが強化されることが示唆された。

これらのことから、0.5% NaClの沸騰加熱ではイオン交換によるゲル強度の低下が起こるが、通常の調味液である1% NaCl中ではナトリウムイオンによるゲルの強化も起こるため30分間までの沸騰加熱が可能であり、95°C加熱においては、0.5% NaCl相当の調味液であっても野菜ゲルを崩さずに30分間加熱可能であることが示された。さらに、食酢や醤油を含むpHが低い調味液では野菜ゲルの強化が起こるため、野菜ゲルの沸騰加熱が可能であることが示唆された。

最後に、上記の知見に基づきジェランガム1~2%野菜ゲルおよび十分に煮熟したニンジンを調理し、調理品(コンソメ煮、煮物、シチュー、きんぴら、サラダ)の外観、テクスチャー、味について官能評価を行った。NaCl濃度4%相当の煮物の調味液では、いずれの野菜ゲルもわずかな煮崩れで20分間沸騰加熱が可能であった。1%ジェランガム野菜ゲル調理品はニンジンとしてはやわらかいが、ざらつきは少なく、苦味等の不快な味も少ないと評価された。さらに、予備調査として煮熟ニンジンを野菜ゲルと同様に調理したものと嗜好性を比較したところ、1%ジェランガム野菜ゲルを調理したシチューは煮熟したニンジンのシチューと有意差のない評点となった。以上のことから、本研究における野菜ゲルの調味液中加熱を伴う調理加工における有用性が示され、他の野菜を用いた野菜ゲルの開発への応用可能性が高いものと考えられる。