

### 3 製茶、成分・品質評価・機能性・貯蔵、茶利用技術

#### (1) 製茶

##### ア 揉み茶製造

当所における創立直後の製茶研究は、人手不足やコストの点から、機械製茶の普及を図ることであった。まず、温度管理が比較的容易と考えられる電熱を熱源として、ボイラ、粗揉機、精揉機、乾燥機の改良研究を行ったが、供給熱量の点から大型化には不向きであった上に、石炭、炭等の価格が下落したこともあり、コストの点からも電熱は選択から外した。

また、宇治茶産地の品質と名声維持のため、メーカーごとの適切な機械操作を調査、研究し、昭和3年には機械メーカーの組み合わせを示した「玉露機械製茶法」を公表した。

その後も製茶品質の優秀な機械とその使用法を調査し、昭和5年に組織された製茶機械統制審議会にボイラから精揉機までの機械の資料を提出した。これをもとに、昭和6年の製茶工程ごとに機械メーカーを指定する京都府統制が断行され、当所では機械の製茶技術の徹底を図るため製茶法の講習等を行い、機械製茶技術の普及、向上に寄与した。

さらに、送带式蒸機、冷却機、換気装置、精揉機の揉み圧調整機構、縦型横置多煙管式ボイラ等の考案と開発を行った。しかし、第2次世界大戦の戦局悪化に伴い、燃料節減のためのボイラを省いた熱風蒸し、粗揉機の直火火炉などの戦時製茶法試験や簡易製茶法を検討した。

戦後、昭和20年代には、各種蒸機の比較、蒸機の構造、蒸気の質・量と製茶品質、蒸葉の効率的処理、原葉の質と蒸熱の関係について試験し、粗揉機、精揉機の比較試験を行った。

昭和30年代には玉露での製茶機械操作や、熱源が石炭、コークスなどの固形から重油などになるに伴い、ブタンガスの燃焼試験(精揉機)や、重油バーナー利用の透気式自動乾燥機の製茶品質、コスト等を検討した。

また、生産費削減のため、粗揉後切断し乾燥した茶製造や、品質向上、整形を目的としたアミノ酸系の呈味剤、セルロース分解酵素などの添加試験を行った。

人口が都市に集中し、人手不足が顕在化すると、機械の大型化が進み、さらに製茶作業の省力・軽作業化が望まれるようになったため、昭和37年から一連化の試験を始め、昭和39年に給葉機から中揉機までの工程を風送やコンベア類により連結した。これにより各機械への投入・取出しをエアシリンダーによる自動開閉扉式として工程を一連化し、タイマーを一か所に集中した制御盤による操作を可能とした。以後も、中揉、精揉の取出し判定の自動計測、中揉から精揉への分割供給、精揉機に分銅移動、精揉機の自動釜開閉等の装置を開発し、昭和43年には乾燥機、荒茶貯蔵まで連結した。この研究成果は、我が国の製茶機械の一連自動化を始めるきっかけとなった。

昭和40年頃から粗揉機の給熱方法が吸引式から背面熱風式に変わり供給熱量が格段に増え、時間当たりの処理量が増加した。さらに機械は大型化し、大量の処理が可能になった。製茶品質は色沢が青み、香味でムレが少なくなった一方で、上乾きして揉み不足、締ま

り不足、不揃い、香味が淡泊となることもあり、当所では玉露を中心に適正な操作法を明らかにした。

産地条件を生かして生産された生葉はその素質に応じて製茶する必要がある。当所では昭和 40 年代から実用化した蒸気流量計を利用し、蒸気流量と原葉供給、機械構造、蒸機の操作について研究し、それまでの個別機械ごとに異なるバルブ開度の指標から、生葉 1kg あたり蒸気流量等の普及性の高い数値を指標とした研究や、プログラム蒸しの実用化試験を行った。

工業分野で種々の計測機器が開発されると、製茶分野での利用研究が始まり、熟練者の勘による工程管理から計測数値による工程管理の研究が盛んに行われた。当所は昭和 52～55 年の総合助成事業「計測化による蒸しの改善に関する研究」を行い、生葉と蒸し葉の測色値の研究から、煎茶‘やぶきた’の生葉から浅蒸、適蒸、深蒸に至る葉色の変化をカラーで表した蒸し度判定スケールの作成やサーモラベルを利用した適蒸しの判定など、一定の成果を得たが、実用化には至らなかった。

その後も平成 4 年まで、生葉や蒸し葉のせん断、圧壊、圧縮応力、電気抵抗値などの数値からの把握を試み、茎のせん断力から蒸熱条件を設定できる可能性を得た。そのため、平成 5～7 年に迅速で再現性のある正確な測定法として近赤外分析計を使用し、吸光度から蒸機胴傾斜や攪拌軸回転数を推定する回帰式を得た。

その他、精揉機の揉み室形状や加熱方法、中揉機の揉み手本数や電気抵抗値による取り出し水分計測等、高品質、省力化の研究を行った。

また、製茶機械は煎茶を対象に設計、開発されているため、当所では玉露製造を中心に京都府内産地に応じた使用法について検討した。

平成 5 年からは覆い下茶の品質向上を目的とした製茶工程の制御技術を検討した。

その後も製茶工程制御のためのセンシング技術の開発・利用を中心に取り組み、近赤外分光法を利用した蒸熱条件設定、揉捻機構の解明、冷却循環式生葉コンテナの開発等を行った。

平成 14～17 年にかけて生葉判定機の NDFASH（灰分を含む粗繊維含量）による蒸熱操作の設定、放射温度計で計測した蒸し葉温度による蒸し度判定の可能性を得た。

これを受け、平成 18～20 年に、NDFASH と適蒸しの関係を調べたところ、蒸し葉温度と生葉投入量、胴傾斜角度との影響が強く、蒸し葉温度と生葉投入量、胴傾斜、攪拌軸回転数調整の操作手順を示した。

平成 20～22 年には府内育成品種が注目され、高評価を得ていることから、府内育成品種の香味を活かす宇治煎茶製造技術の開発に取り組み、‘さみどり’では蒸機の胴傾斜を緩くし、攪拌軸回転数を少なくして強めに蒸すことで、また、‘ごこう’では揉捻工程で後半に加圧を強めることで製茶品質、品種香味が向上することを明らかにした。

## イ てん茶製造

本府の特産物は覆い下茶（玉露・てん茶(抹茶)）であり、当所創立当時から今日に至るまで、特に、てん茶(抹茶)の製造、加工に関する研究は、他産地にない特徴の一つとなっている。

てん茶製造の機械化は大正時代に京都府で始まった。大正 8 年小倉の西村庄太郎氏が考案し、京都市立第一工業学校教師の浅田美穂氏（後の第 2 代当所所長）が設計、静岡の製茶機械業者の竹田好太郎氏が制作した竹田式が設置されたが、使用者は漸減したという。この原理を引継ぎ、大正 13 年に宇治の堀井長次郎氏が堀井式を制作し、これが現在のてん茶機の原型といわれている。他にも、大正 14 年には伏見の築山甚四郎氏が京都電燈株式会社の谷田氏と築山式を制作した。

当所でも創立時から研究し、技師として着任した浅田美穂氏が嘱託の工学博士濱部源次郎氏らと協力し、当初は電熱を利用して大正 14 年に「京茶研てん茶 1 号型乾燥機」を考案し、京都市立第一工業学校の協力を得て設置した。翌 15 年にはこれを改良して「同 2 号型」を完成して当所に設置、同年 9 月に特許を申請、昭和 2 年 10 月 5 日に特許が確定した。当時の熱源は温度調節が簡単で手間の少ないことから電熱で検討された。しかし、炭や練炭、薪等の燃料費が下落したのに対して、電気料金はあまり下がらず、電力節減に目途が立たなかったため、以後は無煙炭を熱源とした 3 号型（昭和 5 年 2 基）、4 号型（昭和 5 年 2 基、昭和 6 年 1 基）、5 号型（昭和 7 年 1 基）、6 号型（昭和 7 年 1 基）、7 号機（昭和 7 年 1 基）を設計、設置した。これらのてん茶機から製造されたてん茶の品質面、労力面で良好な結果を得て、昭和 10 年には京都府に 99 台（同時期愛知県 9 台）となり、府内のてん茶は手製造からすべてがてん茶機によるものとなった。

そのほか、てん茶機の開発に合わせて、てん茶の冷却散茶、てん茶火炉の改善、さらに、蒸機とてん茶機を直結することで、蒸しと冷却、運搬の労力が手蒸しの 4 人から 1 人に軽減されるなど、省力、高品質生産に寄与した。

さらに人手不足が進む昭和 7～10 年にかけて小規模のてん茶製茶に向け、葉打粗揉機を利用した簡易製造機械の試作を行ったが、製品の展開が悪く、成果が得られなかった。

終戦直後、京都府における生葉の蒸熱は、揉み茶ではすだれ式（送带式）、胴回転型、固定胴攪拌手型の蒸機が使用されていたが、てん茶ではこれらの蒸機で製造すると、若芽は蒸しすぎや展開が悪く、硬葉は染まりが悪くなりがちで、手蒸しがほとんどであった。

これらの欠点を解消するため、戦前から研究を始めていたが、昭和 23 年に網胴回転攪拌型の「京茶研型てん茶蒸器」を開発し、その後現在に至るまで、揉み茶においても静岡の一部地域で深蒸しに利用されている送带式を除き、蒸機の標準仕様となっている。

乾燥法については、熱源が薪から石炭、木炭、コークス、重油に変化する中で、火炉の改良や熱源の適性、利用法について検討した。

先進的な研究としては、昭和 23～26 年にかけて高周波乾燥が検討され、昭和 25～27 年にかけて遠赤外乾燥について調査が行われた。高周波乾燥では含水率の高い間は恒温乾燥に比べ約 5 倍の乾燥速度であったが茎と葉では乾燥速度が異なり均一な乾燥は望めず、遠

赤外線では下段の代わりに利用したが製茶品質は慣行より劣ったことなどから、いずれも実用化には至らなかった。

また、熱効率向上を目的に下段で送風したが、色沢が冴えず、製茶品質は低下した。

昭和 50 年頃から蒸気流量計が実用化し、蒸気流量と原葉供給や、蒸機の操作が蒸し葉に及ぼす影響について研究し、導入普及を進めた結果、成果を普及指導する際にも、現場での作業でも大いに役立った。

てん茶機の乾燥条件については、昭和 48 年から総合助成事業「てん茶の初期段階乾燥試験」に取り組み、乾燥温度と乾燥速度の関係を明らかにした上で、初期及び後期の乾燥条件、補助煙道の開閉、排熱方法などと品質の関係を重点に試験した。

昭和 50 年代になると、日本でも環境問題から、環境にやさしい茶製造が課題となり、昭和 56～59 年には環境保全型農業の取組として、総合助成事業を受け、「てん茶の効率的乾燥法に関する研究」を実施した。その中では、省エネルギーをねらいとした熱効率を高める手段として、府内既設 48 工場の構造や設置状況の実態調査、排気熱の還元利用、機内温度の拡散、てん茶機の放熱防止などから効率的乾燥法の検索を行った。その結果、最大重油消費量の 2 割が削減でき、品質には差はない結果を得た。しかし、府内の設置台数が少ないこと、耐用年数が長いこと、一台一台の仕様が異なること、大きなコストカットにつながらない等から、普及には至らなかった。

てん茶乾燥中、最も影響の大きい下段乾燥は、下段取り出し茶葉の乾燥度合いを手触りで判定し、バーナー温度やコンベヤ速度を調節している。しかし、次に影響の大きい上段乾燥についてはてん茶炉周辺の環境温度、下段温調、補助煙道の排気、てん茶機上部の排気に左右され、温度コントロールが困難なため、昭和 61～平成元年に上段の温度に大きく影響する補助煙道排気ファンを PID 制御することで上段温度を希望温度に保つ方法を開発し、上段温度やてん茶機上部の排気と品質の解明等、てん茶乾燥研究に寄与した。

てん茶は強遮光の手摘みが基本であったが、昭和 62 年から両丹地域の一重被覆の機械摘採茶葉を用いたてん茶製造試験、平成元年からは限界量試験により機械摘採茶葉の乾燥試験を行い、揉み茶からてん茶への茶種変更の可能性を示したことで、綾部、福知山、舞鶴のてん茶工場が新設され、また、てん茶製造の普及指導資料として、両丹地域の茶業経営に寄与した。

てん茶機の自動化に向けた基礎資料を得るため、平成 5～9 年に近赤外で生葉の硬軟度、てん茶機製茶中の水分を推定できることを明らかにし、さらに、炉内温湿度の把握による乾燥工程における乾燥後水分が推定できることを明らかにした。

平成 8～9 年に「緑茶の新規需要形態に対応した高付加価値技術」試験において、良質な覆い下原料を使用し、てん茶機とコンベア式マイクロ波乾燥機で製茶した荒茶を仕立て、石臼で粉碎し比較したところ、マイクロ波乾燥機では、外観が青黒みを帯びるものの顕著な差はない一方で、内質ではやや劣った。

平成 11～14 年にかけて、初期乾燥（下段乾燥）を恒率乾燥期間とみなして、時間当たり

投入量、機内温湿度、工程中茶葉表面積の変化を取り入れ、後半期乾燥（上段乾燥）では減率乾燥期間とみなして、時間当たり投入量、機内温湿度、工程中茶葉表面積の変化を取り入れることで乾燥速度を推定する式を得た。あわせて、てん茶機が茶葉を短時間に乾燥させ独自の芳香を生成するのは遠赤外線等による伝熱（熱輻射）によるところが大きく、特に初期乾燥工程においてその影響が大きいことを明らかにした。

平成 15～17 年にてん茶における色情報解析システムの開発に取り組み、デジタルカメラを利用した色情報から芽えと蒸し度の表現の可能性を示したが、被覆程度や品種等により変化することから、実用化にはさらに試験を積み重ねる必要がある。

平成 15 年から、従来のれんが式てん茶機と比べてコンパクトで設置場所の影響を受けにくく、標準製茶法の設定が比較的容易でかつてん茶の品質への寄与度が大きく熱効率に優れた新熱源（遠赤外線パネルヒーター）を用いた高能率な新型てん茶機（試作機）の開発に着手し、好適な加熱条件を絞り込みつつ省エネルギー効果や製茶品質について検証を行った。実用化のめどを得たことから、企業と連携し実験機から小規模な実用機へスケールアップして、品質的には概ね、良好な結果を得、ランニングコストは従来機に比較して約 3 割削減可能との結果を得た。現在、コスト、操作管理面から、さらに大規模実用機への改善点を検討している。あわせて、冷却散茶機についても、従来機に比べ高さを約 30% 抑え製茶品質が良好な装置を開発した。

手摘み労力が減少し、被覆茶においても機械摘採が増加し、従来型生葉コンテナの保管では萎凋や葉傷みが起こりやすいため、平成 24～26 年にかけて、生葉保管装置の加湿送風装置を細霧噴霧することで、湿度を 10% 高く、温度を 2℃ 低く保ち、覆い下生葉の鮮度を保てることを実証した。

アイスクリームなどの加工食品への利用では厳しい衛生管理を求められることから、平成 18～20 年には生菌数を調査し、摘採では生葉と土ぼこりの接触、濡れた状態での長時間保管を避け、製茶工程では蒸機、冷却散茶機の洗浄、清拭、てん茶機後部や仕上乾燥機付近の清掃など、てん茶製造衛生管理マニュアルの基礎資料として、茶生産者に提示した。

煎茶からてん茶へ移行する生産者が増え、乾燥の過不足や乾燥むらによる製茶品質の低下がみられたことから、平成 27～30 年にかけて、仕上乾燥の条件について調査し、過乾燥の茶葉は送風温度を低くし、乾燥が適当から不足する茶葉は自動乾燥機 70℃25 分が適当であることを明らかにした。

農産物の国内消費が減少すると、国は高品質な農産物の輸出目標値を挙げ推進するようになった。緑茶は機能性成分が注目され、さらに GAP の取組や一部で無農薬、無化学肥料栽培、有機栽培が進んでいたこともあり、農産物の中では優等生であった。

しかし、西欧や米国では茶の栽培がないことから、農薬の使用や残留値が異なるため、異なる輸出先の農薬残留基準に対応するため、令和 3～5 年にかけて、てん茶機でのコンタミネーションの軽減について検討し、当該原料の製茶前に冷却散茶機、吹き上げ後部、木茎分離機の 3 か所を清掃することで約 40%、同じく当該原料の製茶前に 90kg の当該原料で製

茶を行い、清掃することで、約 90%減少することを明らかにした。

生産者の世代交代や減少、製茶機械の大型化、自動化が進んでいることから、誰でも茶生葉に応じた製茶条件を設定できるよう、平成 31 年から企業と連携し、新芽の繊維含有量と相関の高い波長で摘採芽を測定することで、摘採芽に合わせた製茶条件自動算出や製茶品質の評価・記録ができる省力管理システムの開発、及び新熱源てん茶機を小規模な実用機から、さらに使いやすく省力的で高性能な大規模実用機の開発を検討している。

## ウ 抹茶製造

抹茶の物理諸性質や品質について、また、抹茶臼の操作上の問題点や抹茶臼の構造等に関する研究を行ってきた。てん茶製造の機械化が進む、大正 15 年から抹茶臼の電動化に取り組み、流通形態が産地業者が一括粉碎することで製品の均質化と能率の向上が図られた。この頃までは、産地茶業者から消費地小売り業者まで、てん茶で流通し小売業者や消費者が粉碎していたが、生産量は機械化により約 7 倍に拡大し、抹茶の消費人口の急激な増加をみるとともに、抹茶の利用分野が広がり始めた。

当所においても、昭和 10～17 年までてん茶の製粉に関する試験を行い、仕立て葉の粒度研究、下臼駆動型石臼の開発を行い、各種の工業的製粉機について検討した。石臼と工業的製粉機を種々検討した結果、ボールミルに加工用抹茶としての可能性を確認した。

昭和 30 年代からは、抹茶の物性や抹茶臼の使用法に関して研究を行った。粒度については、従来セメントなど工業製品に使われていたブレーン法（乾式空気透過法）を用いて比表面積を測定した。この測定方法は、抹茶用として改良が重ねられ、現在、抹茶関係の試験研究を行う上で品質を表わす一手法となっている。

抹茶臼に関しては、粉碎能率と品質の関係を「砕料の供給と架橋および偏析現象」、「砕料の大きさや抹茶臼の回転数と抹茶の品質への影響」、「しん木の稜線角度、供給間」、「上下臼の間隙（ふくみ）」、「挽溝」、「抹茶臼の調整方法」などについて調査研究を行った。

ハンマーミルやボールミルなど、石臼以外の粉碎効率のよい機械粉碎についても試験研究を行ったが、いずれも飲用抹茶としては、抹茶臼で粉碎したものに及ばなかった。

## （２）成分、品質評価、機能性、貯蔵

### ア 成分

創立当初から、肥料、施肥時期、蒸熱による茶葉成分変化など、茶の栽培から製造、製品貯蔵に至る幅広い分野について、茶に含まれる各種成分を分析研究してきた。

覆い下茶の形質に関する研究においては、昭和 5 年にてん茶の品質と全窒素含量の間に正の相関関係があることを明らかにし、昭和 12 年に覆い下茶にカロテノイドと葉緑素が多く含まれること、さらに昭和 16～17 年には玉露の旨味はグルタミン酸に何らかの成分が結合したものであることなど、次々と覆い下茶の特質を解明した。

昭和 10～13 年にかけて、栽培方法や製造工程中のビタミン C 含量等を調査し、被覆栽

培によって茶葉中のビタミン C 含量は著しく減少し、葉位別には下位葉になるにつれてその含量は減少すること、葉と茎では葉に多いこと、浸出液中(試料茶 3g、湯 100mL で 5 分間抽出)の含量は、1 煎目で元の茶の 50~60% (2 煎目で 27~36%、3 煎目で 13%) が抽出されることなどを明らかにした。

また、昭和 12~13 年に生葉中の葉緑素含量とカロテノイド含量について調査し、葉緑素含量は被覆をすることによって増加し、いったん増加した葉緑素は被覆を取り除いても急激には減少しないこと、カロテノイド含量も被覆園の方が高いことを明らかにした。

昭和 22~25 年、農林省によって所内に「宇治農事改良実験所」が設置され、茶葉の窒素化合物など製茶化学に関する試験研究を行い、昭和 22 年、茶の浸出液中から一つの新アミノ酸を発見した。この新物質は、当時の茶の学名 *Thea sinensis*(現在の学名は *Camellia sinensis*) にちなんで「テアニン」(Theanine)と命名された。その後も、茶の新葉における全窒素含量やアルギニン、カフェインは、被覆園では日数とともに増加するが、露天園では減少することを明らかにし、また、これに関連してテアニン、アルギニン、アスパラギン酸、グルタミン酸など多くのアミノ酸類の含有を確認した。また、茶樹の根で生成されたテアニンは新芽に移行し、カテキンに代謝転換されることを突き止め、さらにカテキンへの代謝転換の速度は遮光下において抑制されることを明らかにした。

京都府特産の被覆栽培による玉露、てん茶は露天園で栽培される煎茶と比較して、香気の面でいわゆる“覆い香”が特徴的である。昭和 55~60 年にこの覆い香の主成分は硫化メチル(ジメチルスルフィド)によるもので、茶生葉に含まれているメチルメチオニンスルホニウム塩(MMS: ビタミン U と同称される)の熱分解によって生成することを京都府立大学食品学教室との共同研究で確認した。

また、栽培条件と茶生葉中の MMS 含量との関係を調査し、MMS は露天茶と比較して被覆茶に多く含まれ、しかも若芽に多く、芽の硬化が進むにつれて少なくなること、また、ナタネ油粕を主体にした窒素肥料を標準に対し 1.5 倍量にした場合、MMS は増加の傾向を示し、この場合、アミノ酸のアルギニン、グルタミンも同様の傾向を示すことを明らかにした。

良質な  $\alpha$ -トコフェロールであるお茶のビタミン E に関する研究は、昭和 61 年から行っている。この一連の研究において、ビタミン E は新芽よりもむしろ硬化した葉に多いこと、茎よりも葉に多く、年間の消長では 5~6 月に最も含量が高くなり、製茶工程における含量変化は、蒸しの段階では減少しないが、工程が進むにしたがって減少し、荒茶の段階での減少率は 40%程度となることを明らかにした。

平成 13 年、農畜産物の産地偽装表示が問題となったことを受け、平成 14~16 年に茶においても荒茶の含有成分の特徴から産地判定を行う「野菜・茶およびウメの原産地表示判別技術の開発」に共同参画した。京都、三重、奈良、滋賀の煎茶の荒茶すべてから検出された 11 元素を用いて、線形判別分析を行い、高い判別率を得た。

世界的な抹茶ブームにより、食品加工向け抹茶の需要が飛躍的に伸びており、抹茶の国

際規格（ISO）定義策定において、平成 30 年から京都府としても調査や分析に協力している。

令和 2 年の新型コロナウイルス（COVID-19）による経済停滞から宇治茶の需要が減退したことに対応し、大人から子供まで抹茶を飲んでもらうため、子供の嫌がる苦味の指標としてアミノ酸／カテキン（A/C）比が利用できるか検討するとともに、A/C 比が向上する被覆資材を検討した。小学 5 年生以上の年代に対しては A/C 比の差を抹茶の苦みの感じにくさの指標として利用可能であることが示唆された。ただし、苦みに対する反応は嗜好性の影響が大きいと考えられた。また、紫外線を選択的に除去した被覆資材の使用によって、A/C 比はわずかに向上した。

## イ 品質評価

今日まで、茶の品質評価は官能審査を中心に行われてきた。茶を官能審査で品質評価をする場合、漠然とした総括的な品質の表現では、茶の品質評価を行うには十分ではない。このため、茶の品質や特徴を表すのに適した審査項目が幾つか設けられている。多くの場合、これらの審査項目は外観と内質に大別され、さらに、外観は形状、色沢の 2 項目に、内質は香気、水色、滋味の 3 項目に分けられる。しかし、茶の品質評価する目的によって項目や配点は様々で、一般的な茶品評会等の審査においては、形状と色沢を合わせて外観として審査することが多い。また、その他の審査項目として、てん茶の審査では、から色（茶殻の色）も審査している。官能審査は、鋭敏で熟練した審査員の五感に依存する審査法であり、審査員の心身状態、審査環境などの影響を受けやすく、必然的に個人差が生じやすく、客観性や普遍性といった点から、科学的な評価方法として窒素成分の分析や、近赤外線等を利用した非破壊検査法による測定値が品質評価の参考として用いられてきている。

近年は、味覚センサーのような機器も開発されているが、微妙な香味のバランスや総合的な品質評価を行うには不十分であり、現在のところ人による官能審査で判断されている。今後、お茶の特性を表現できる品質評価法の確立が望まれている。

当所における茶の品質評価研究の始まりは、大正 14 年の「色料による製茶標準水色作製の研究」にみられる。これによると数種類の化学顔料の配合により、各茶種の標準水色の調製が可能になったと報告している。

昭和 41 年のキセノンライトによる緑茶の官能審査に関する試験では、特に色を判定するために、キセノンランプを光源に利用できるかを検討した結果、色の判別に支障はなく、また自然光よりも判定しやすく、晴天以外の日にも安定して審査ができると報告されている。

昭和 56～58 年の「茶の簡易評価法」によると、荒茶の太さ別に 6 段階に篩い分けし、第 3 級（目開き 1.7～2.8mm）もしくは第 4 級（1.2～1.7mm）のものが最も多く‘さみどり’や‘こまかげ’の評価が突出して高く‘やぶきた’では第 3、4、5 級の各粒度の評価は平均して高い傾向がみられた。また、可溶分は年度により傾向が異なるが、品種別では‘さみどり’が一番多く、粒度別にみると小さい粒度ほど多く、その差は‘こまかげ’が最



大であることが報告されている。

平成 5 年の第 46 回関西茶品評会を開催するに当たり、審査の公平性を向上させ、茶かす上げ作業の軽減を図るため、ネットカップの利用と、その使用方法について、官能審査等により検討を行った結果、ネットカップ 18 メッシュで、かぶせ茶、玉露ともサンプル量 3g、浸出時間 6 分とすることで、従来の手あげ方式とほぼ同等の審査得点となり、各サンプル茶の特徴がより明確に判断できると報告し、以後の全国、関西の茶品評会をはじめ、地域の茶品評会の審査会に適用されている。

#### ウ 機能性

平成元年頃には緑茶は「機能性成分を含む食品」として見直され、当所でも茶の新しい利用法についての研究を実施してきた。

茶葉の不溶性タンパク質由来のペプチドに血圧上昇抑制効果が報告されていることから、平成 13～15 年にかけて、茶葉抽出残さの酵素消化物によりアンジオテンシン変換酵素阻害能が高まることを見出し、血圧上昇抑制効果の高い機能性食品として利用の可能性を示した。

緑茶の機能性に注目が集まる中、競争的資金 JST 地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発プログラム平成 19 年度可能性試験（実用化検討）研究（課題名「高濃度にテアニンを蓄積するてん茶の茎部の優位性実証試験」）において、茶の中でも特にテアニン濃度の高いてん茶の茎の抽出物（テアニン 150mg）摂取がストレス低減効果を示すことを唾液中のクロモグラニン A 濃度の比較により明らかにした。

平成 24～26 年には、抹茶の香りを嗅いだ時の心拍変動解析を試みた。

平成 30 年には、機能性成分であるテアニンを豊富に含むてん茶を原料にした、てん茶風味の飲料の製造法を検討し、てん茶の風味を損なわずに、工業的生産に好適なてん茶抽出液製造法についての知見を得るとともに、抽出液の機能性に関して京都府立医科大学と連携し、摂取すると、暗算作業の得点が向上し、緊張感が緩和することが明らかになった。

他県産茶と比べ府内産茶は伝統的な自然仕立て手摘み覆い下栽培で生産される高品質な玉露、てん茶に代表されるが、高価であることから需要が伸び悩んでいる一方で、茶の健康性、機能性に注目されている。そこで、平成 30～令和 4 年にかけて、高品質覆い下茶に特徴的な成分とその機能性を明らかにするとともに、機能性成分を発現する生産技術、伝統技術を活かす省力的新技術について検討した。

その結果、高品質な被覆茶には、リラックス効果等が期待されるテアニン、疲労回復が期待されるアルギニン、抗酸化作用、抗変異原性作用、抗加齢効果が期待されるポリアミン（スペルミン、スペルミジン）が多く含まれ、被覆 26 日から 36 日の期間では弧状仕立て園の機械摘採芽より自然仕立て園の手摘み芽の含有量が多かった。ポリアミンは粗繊維含量と負の相関があるため、被覆期間の長い柔らかい芽を栽培、摘採することで、覆い香味が強く、なおかつ機能性成分を期待できる。慣行施肥に比べ多施肥ではテアニン、スペルミジ

ンが多く、アルギニン、スぺルミンは少ない傾向がみられ、被覆では摘採適期頃の被覆 29 日頃において紫外域光除去程度が大きいほどテアニン、アルギニン含量が多い傾向であったが、ポリアミンは透過光環境以外の影響が大きいと考えられた。

令和元～3 年にかけて「高品質抹茶摂取による機能性の医学的評価研究」に関する公募型プロポーザルを行い、美容や脳機能等のテーマについて医学系大学等に委託の形で研究を進めた。その結果、令和 4 年には高品質抹茶に肌理(きめ)改善効果があることが示唆された。令和 5 年からはヒト臨床試験を実施し、高品質抹茶の皮膚への機能性を詳しく分析することで、抹茶の機能性表示食品に向けたエビデンスを構築している。

## エ 貯蔵

貯蔵試験も創立当初から第二次世界大戦まで行われており、製茶水分量や貯蔵温度、冷蔵庫保管時の茶温調査が行われ、冷蔵、真空、炭酸ガスによる製品や生葉の品質保持技術の開発や保存状態とビタミン C 含量との関連調査も行われた。

昭和 10～13 年にかけて、貯蔵方法別にビタミン C 含量等を調査し、保存状態が良好であればビタミン C 含量が多く、変質したものでは減少することなどを明らかにしたことで、現在まで緑茶のビタミン C 含量は茶の貯蔵・保管状態を推察する上で重要な指標として貯蔵試験における測定項目の一つとなっている。

また、昭和 13 年には戦争の影響で、すでに金属類の使用制限が始まったことから製茶容器や茶櫃の内張ブリキの代用品として防水紙の試験を行った。

戦後も昭和 27 年に抹茶の減圧缶詰貯蔵、昭和 28 年に低温貯蔵試験を行い、昭和 38～46 年にかけて窒素ガス貯蔵、昭和 50 年から商品用の個包装に封入するハイドロサルファイドを利用したもの（商品名ケブロン）、昭和 53～55 年にかけて、活性酸化鉄を利用したもの（商品名エージェレス）、有機物を利用したもの（商品名タモツ）を試験した。

低温貯蔵では大きな差はなく、常温では無処理に比べて効果はあるものの、窒素ガス封入や真空包装に比べて、活性酸化鉄を利用するものでは補助材に保水材、活性炭が含まれており、場合によっては水分上昇、発熱、香気の吸着による茶の品質低下がみられた。また、有機物を利用したものでは活性炭が含まれており、香気の吸着による茶の品質低下がみられた。

被覆茶では保存によってうま味などを増加させる熟成と呼ばれる品質向上技術があり、慣例や経験によって行われてきたが、平成 21～23 年に品質関連成分の遊離アミノ酸、カテキン、カフェインが熟成程度と関連が深く、平成 24～26 年に近赤外分析によってこれらの成分の簡易測定の可能性を明らかにした。また、覆い下茶は冷蔵保存（5℃）でおよそ 6 か月で熟成し、被覆程度の弱い茶は変化が早いことを明らかにした。

令和 2 年の新型コロナウイルス（COVID-19）による経済停滞から宇治茶の需要が減退したが、一方で在宅時間が増え緑茶の飲用機会が増えた人もある。購入した茶の保存は、冷蔵庫か常温で行われており、冷蔵保存は品質変化が少ないが、取り出し時には常温に戻す手

間と時間を要する。そこで令和 5 年には、常温で 1 か月程度美味しく飲める保存方法として、魔法瓶水筒や脱気容器が適していることを明らかにした。また企業が実施した脱気容器内で茶の粉の舞い上がりを防ぐ内蓋の開発に協力し、商品化に至った。

### (3) 茶利用技術

お茶は日常生活での飲み物や茶道としての利用の他に、お歳暮など進物用として利用されてきたが、不景気になると、新たな需要拡大及び販路拡大に資するため、新製品の開発や機能性成分の利用が求められる。

また、戦前は不要不急の作物は転換を迫られることから、茶栽培の存続をかけて茶の機能性成分を簡単に摂取できる新製品や新製茶の開発も行った。

このように、創立当初から茶の消費拡大のために新しい利用法について研究を行い、この分野で当所は常に先進的な位置を占めてきた。

#### ア 戦前の研究(昭和 5～20 年)

昭和 5～12 年の「てん茶の利用に関する研究」などで、抹茶入りチョコレート「グリーンティーレート」、抹茶と「ゴム」をつなぎ合わせた噛み茶「ティーインガム」、「抹茶錠」、「抹茶糖」、携帯用緑茶「ティータブロイド」など、新製品開発研究を進め、市販にこぎつけた。

昭和 17 年に糖衣器を試作して「糖衣抹茶錠」の開発を進め、昭和 18 年に軍用(ビタミン C 補給と疲労回復用)として一万箱(一箱 12 錠入)を軍隊に納入した。

さらに、昭和 10 年からの「新製茶の創製に関する研究」では、製茶工程中の茶を圧搾し携帯・貯蔵しやすいように形をつけた茶「高圧賦形茶」製造法試験を行い、昭和 18 年には京都府茶卸組合が軍需品として製造し、横須賀の海軍軍需部に納入した。

#### イ 戦後の研究(昭和 21～63 年)

昭和 23 年に「宇治みどり」(抹茶に粉乳、砂糖を加味した固形の加工食品)を試作し、昭和 24 年には抹茶の海外輸出向け試験も実施した。

昭和 35～39 年には「抹茶の新利用加工に関する試験」において、加糖抹茶(宇治清水)の団粒化や有機酸と重炭酸塩による発泡反応を利用した新しい飲用形態を開発した。

また、昭和 35～42 年に「茶の新利用に関する研究」に取り組み、緑茶をインスタントティー化するため、濃縮液のフリーズドライやスプレードライによる乾燥方法や変質防止対策について試験を行い、ビタミン C 添加の効果を明らかにした。現在、手軽なインスタントティーや発泡性の抹茶が市販され、緑茶ドリンク等にはビタミン C の添加が一般的に行われているが、当時は研究として新規性が求められるものの、商品化、販売については公的機関が手を出すべきではない時代であったことに加え、生活様式から商品化には時期尚早だったといわざるを得ない。

さらに、昭和 61 年からは整枝された枝や葉に多く含まれ、抗酸化効果があるビタミン E を効率利用する研究に取り組み、昭和 62 年にはエクストルーダーを利用して、整枝葉の粉と小麦粉で膨化食品「茶葉スナック菓子」を京都大学食糧科学研究所と共同で開発した。

#### ウ 近年の研究(平成元年～現在)

平成 2 年から行った「新製品開発研究」の中で平成 4 年には加熱による緑色の退色を避けるため、4,000 気圧の高圧処理で殺菌できる技術を用い、茶葉中の機能性成分を効率的に摂取できる「茶の葉ジャム」を滋賀県工業技術センター・滋賀県茶業指導所と共同で開発した。

老化防止に効果の期待されるビタミン E について、昭和 61 年から茶樹の時期別、部位別の含量等の測定結果を生かし、平成 4 年ビタミン E を茶葉から効率よく抽出するためには、抽出溶媒として 70%濃度以上のエタノールが望ましいこと、粉碎した茶葉から抽出するには超音波抽出が効果的であるなどを明らかにした。

平成 3 年からは蒸熱後の茶葉を粉碎、圧搾し、得られる汁液を凍結乾燥することによる茶葉成分の粉末化技術に取り組み、平成 8 年に「茶葉エキスパウダー及びその製造法」として特許出願を行った。この茶葉エキスパウダーについては、京都府茶協同組合のペットボトル茶に利用された。

また、緑茶の持つ特定機能を目的とした食品、非食品への利用が急増していることから、そうした需要に適應した夏秋茶の新たな利用法の研究開発を平成 10～13 年まで行った。

平成 10～14 年に、二番茶以降の茶葉をマイクロ波乾燥後粉末、てん茶機乾燥後粉末、搾汁液粉末を利用した飲料、菓子、調味料等を試作して用途に応じた適性や添加濃度を調査した。搾汁液粉末についてはカテキンやアスコルビン酸の含有量が通常の煎茶より多いことから DPPH 法によるラジカル消去能、β-カロテン退色法による抗酸化能、黄色ブドウ球菌に対する抗菌性、血圧上昇抑制効果（アンジオテンシン転換酵素阻害率）等の機能性について評価を行った。また、搾汁液粉末の繊維製品等への利用による抗酸化性、消臭効果や粉末茶の殺菌操作や保存条件が品質に及ぼす影響を調査するなど、多用途利用の可能性を検討した。

平成 16～18 年にてん茶の茎の高度利用食品の開発と機能性評価を行い、食パンやクッキーの他、茎の抽出物を梅漬けやアイスクリーム等、テアニン等の機能性成分を含んだ加工食品の可能性を認めた。

核家族化、共働きが進むなど時間的な余裕がなくなり、家庭や職場から急須が消え、取り扱いの簡単なペットボトルやティーバッグの日本茶がリーフの茶を上回る一方で、コーヒーにおいてはインスタントコーヒーから扱いやすいドリッパーによる本物のコーヒーへと変化している。そこで、当所では企業と連携してコーヒードリッパーを改良し、急須で淹れた時と同じ美味しい宇治茶が誰でも簡単に抽出できる緑茶ドリッパーを考案、開発協力し、令和 4 年に商品が発売された。

国内では、生活様式や嗜好の変化、飲料の多様化などにより、急須を用いて緑茶を飲む機会が減っており、それに伴い緑茶の消費量が年々減少している。茶種の多様性に支えられてきた「宇治茶」の特性を守るため、更なる玉露の需要喚起が必要であり、令和 4 年から誰でも簡単に飲用可能で美味しく機能性の高い玉露濃縮冷凍キューブの開発を、京都府茶業会議所から助成を受け行っている。また、海外における抹茶の需要増加に伴い、未利用資源であるてん茶の茎の有効利用が課題となっている。この課題を解決すべく、企業と連携して、てん茶の茎の新たな利用方法を模索している。